On a

Grundriß
der
Naturlehre

in
seinem
mathematischen und chemischen Theile
neu bearbeitet

von

Friedrich Albrecht Carl Gren,
der Arzneygelahrth. Doct. u. d. Weltweish. Mag.,
der erstern ordentlichen öffentlichen Lehrer auf der Friedrichsuniversität zu Halle, Mitgliede der Königl. Preuß. Academie der Wissenschaften zu Berlin, der Churfürstl. Maynzischen Academie der nützlichen Wissenschaften zu Erfurt, der Königl. Preuß. Societät der Wissenschaften und Künste zu Frankfurt an der Oder und der naturforschenden Gesellschaft zu Halle.



Mit dreyzehn Kupfertafeln.

Halle,
bey Hemmerde und Schwetschke,
1793.


LIBERTÉ ET PATRIE
DON FAIT À LA
Bibliothèque Cantonale
en 1826.
par feu Monsieur Henri
Struve
profess. de chimie et de
minéralogie
Jn SIBER

Sr. Excellenz

dem

Herrn

Grafen von Herzberg,

wirklichen geheimen Etats- und Cabinetsminister, Curator der Königl. Academie der Wissenschaften, Ritter des schwarzen Adlerordens, ꝛc.

widmet

dieses Lehrbuch

als

einen schwachen Beweis

seiner

innigsten Ehrfurcht und Dankbarkeit

der Verfasser.

Vorrede.

Dieser gegenwärtige Grundriß der Naturlehre ist eher für ein ganz neues Buch, als für eine neue Auflage des vorigen zu halten. Im Ganzen ist zwar die Ordnung größtentheils beybehalten, die ich in der ersten Ausgabe befolgt habe; man wird aber, auch schon bey einer flüchtigen Vergleichung, eine wesentliche Verschiedenheit beobachten. Mehrere Lehren sind ganz neu bearbeitet, einige Theorien ganz umgeändert, die Beweise vieler Sätze ausführlicher gemacht, und da, wo es nöthig war, durch Zeich-

nun-

nungen erläutert worden, die man bey der vorigen Ausgabe vermißte, und die für die Zuhörer bey der Vorbereitung oder beym Nachlesen nöthig sind. Werkzeuge habe ich indessen nicht abbilden lassen, um das Buch nicht zu vertheuern; und sie sind auch bey einem Buche, das zu Vorlesungen bestimmt ist, nicht nöthig, da mit Recht vorausgesetzt werden kann, daß der Lehrer die nöthigsten Werkzeuge in ihrer Anwendung und ihrem Gebrauche zeigen, und die Erfahrungssätze dadurch anschaulicher machen wird. Immer habe ich auch auf gute Beschreibungen und Abbildungen der Werkzeuge verwiesen. Andere litterarische Nachweisungen sind für diejenigen bestimmt, welche sich mit der nähern und umständlichern Ausführung derselben beschäfftigen wollen.

Ich

Vorrede.

Ich habe verschiedene mir eigene Sätze behauptet, die von den gewöhnlichen Vorstellungen abweichen. Ehe man ein Urtheil darüber fället, bitte ich sie in ihrem weitern Zusammenhange mit andern Lehren zu prüfen. Besonders wird man vielleicht meine Sätze von der Trägheit in der reinen Bewegungslehre anstößig finden; man wird aber auch bey einer vorurtheilsfreyen Untersuchung leicht wahrnehmen, daß sie den bisherigen Grundsätzen der Mechanik gar keinen Eintrag thun, die es nur mit widerstehenden, nicht mit trägen Körpern (im metaphysischen Sinne) zu thun hat. Ueberhaupt gehören die ersten Grundsätze der reinen Bewegungslehre vor den Richterstuhl der Metaphysik, und nicht der Mechanik. Ich werde mich übrigens in Ansehung meh-

rerer

terer unterscheidender Sätze in keine Streitigkeiten einlassen, sondern das Publicum und die Zukunft entscheiden lassen. Es ist ja nicht ohne Nutzen für das Reich der Wissenschaften, wenn der Gang der Vorstellungen derer, die es bebauen, nicht immer gleichförmig und übereinstimmend ist.

Halle den 10. April 1793.

F. A. C. Gren.



Grundriß der Naturlehre.

Einleitung.

§. 1.

Natur heißt der Inbegriff aller Eigenschaften eines Dinges. Die Eigenschaften sind das, was ein Ding zu den Wirkungen fähig macht, die es äußert.

Rob. Boyle, tr. de ipsa natura, sive libera in receptam naturae notionem disquisitio. Genev. 1688. 4. und in der lateinischen Uebersetzung seiner Operum, eb.

Sonst versteht man auch unter dem Worte, Natur, die erste Grundursach der Erscheinungen in der Welt, oder die hervorbringende Ursache der Dinge und ihrer Wirkungen, und darauf beziehen sich die Ausdrücke: die Natur bringt hervor, die Natur thut dies und jenes, u. s. w. Dies war die *natura naturans* der Scholastiker. Ferner braucht man das Wort, Natur, auch gleichbedeutend mit dem Worte, Welt; und darauf beziehen sich die Redensarten: Man trifft in der ganzen Natur dies und das nicht an, u. d. m. In diesem Sinne ist es die *natura naturata* der Scholastiker.

Natürlich, künstlich, unnatürlich (praeter naturam), widernatürlich (contra naturam), und wunderbar. Bedeutung und Unterschied dieser Worte.

§. 2. Alle erschaffene Dinge sind entweder materielle oder immaterielle. Der Inbegriff jener

A heißt

heißt die Körperwelt oder Sinnenwelt; dieser die Geisterwelt. Die Naturlehre, (Naturkunde, Naturwissenschaft,) (physiologia, philosophia naturalis) wäre also, im eigentlichen und ausgebreitetsten Verstande die Wissenschaft von den Eigenschaften und den davon abhängenden Wirkungen der erschaffenen Dinge. Sie würde sich also nicht nur auf Gegenstände der äußern Sinne, sondern auch auf denkende Wesen erstrecken.

§. 3. Im gewöhnlichen und engern Sinne begreift die Naturlehre nur die materiellen Gegenstände der Welt, so weit wir sie kennen; und in dieser Bedeutung nehmen wir sie hier. Sie ist also die Wissenschaft von den Eigenschaften der Dinge der Sinnenwelt.

§. 4. Unsere Erkenntniß ist entweder historisch, oder sie ist rationell. Die historische Naturlehre ist Aufzählung der Gegenstände der Sinnenwelt, welche sind, oder gewesen sind. Das erstere wäre Naturbeschreibung, im weitläufigern Sinne, die nicht nur die natürlichen Körper der sogenannten drey Reiche der Natur, sondern auch die allgemein verbreiteten einfachen Stoffe, so weit wir sie kennen, und die Gestirne unter sich begreifen würde; die zweyte wäre Geschichte der Natur, welche die Veränderungen, die unsere Sinnenwelt erlitten hat, erzählte, wovon wir aber nur Bruchstücke haben.

§. 5. Es ist der Hauptzweck der Naturbeschreibung (§. 4.), die wesentlichen Kennzeichen aufzusuchen, durch welche die natürlichen Körper von einander unterschieden werden. Wegen des weiten

Um-

Umfangs ihres Gebiets trennt man sie in verschiedene Theile, und handelt die historische Kenntniß der natürlichen Körper der Reiche der Natur in der sogenannten Naturgeschichte, die der einfachen Stoffe in der Chemie, und die der Gestirne in der Astrognosie ab.

§. 6. Wir schränken uns hier auf die rationelle Kenntniß (§. 4.) der Gegenstände der Sinnenwelt ein, welche die Physik oder Naturlehre (Physica) im engern Sinne ausmacht, und die Veränderungen der materiellen Dinge, ihren Ursachen nach, zum Zweck hat.

§. 7. Alle materielle Dinge dieser Welt sind mit Kräften gegen einander begabt, und durch dieselben gegen einander in Beziehung und im Zusammenhange. Sie sind vermöge dieser Kräfte gegen einander in Ruhe oder in Bewegung, und wir finden bey näherer Betrachtung einen steten Wechsel von aufgehobenem und wiederhergestelltem Gleichgewicht. Immer wirken Ursachen, die das Gleichgewicht der Kräfte stören, und so Bewegung und Thätigkeit hervorbringen. Die Erfahrung lehrt es, und wir finden, daß in der Körperwelt Veränderungen vorgehen, Veränderungen des Orts, der Lage, und der Bewegung; ferner, daß wir Veränderungen hervorbringen können, dadurch, daß wir die Körper in andere Umstände versetzen. Diese Veränderungen des Zustandes, welche die Dinge unserer Welt durch ihre Wirkungen auf einander, entweder von selbst, oder durch unser Zuthun, hervorbringen, nennen wir Naturbegebenheiten, oder Erscheinungen (Phaenomena). Die Ursachen dieser Naturbege-

benheiten aufzusuchen und anzugeben, dies ist eben der Zweck der rationellen Naturlehre (§. 6.).

§. 8. Die Naturlehre muß nun, um die Naturbegebenheiten (§. 7.) zu erklären, d. h. die Ursachen von den Veränderungen anzugeben, die Eigenschaften der Stoffe aufsuchen, welche den zureichenden Grund dieser Wirkungen enthalten (§. 1.). Bey diesen Entwickelungen der Ursachen von den Naturbegebenheiten kommt sie endlich auf solche zurück, die nicht mehr ein Gegenstand unserer sinnlichen Wahrnehmung sind, und die daher außer den Gränzen unserer Erkenntniß liegen. Sie muß bey diesen einfachen Ursachen, als Grundkräften, stehen bleiben, wozu sie die Schranken unserer Erfahrungserkenntniß berechtigen. Von diesen letzten Ursachen kennen wir nur die Wirkungen, nicht die wirkende Ursach an sich. Alle Speculationen und alles Dogmatisiren über diese letzten Grundursachen hat die Wissenschaft nicht im mindesten gefördert; und wenn es auch gleich möglich, und sogar auch wahrscheinlich seyn möchte, daß die, welche wir für Grundursachen halten, noch zusammengesetzt seyn können, so müssen wir uns doch bey ihnen beruhigen, so lange uns zu ihrer Zergliederung alle Erfahrung verläßt.

Das Aufsteigen des Wassers in dem Stiefel der Saugpumpe ist eine Naturbegebenheit (nach §. 7.). Sie wird erklärt durch den Druck der Luft; denn in diesem liegt der zureichende Grund dieser Veränderung. Die Luft selbst aber drückt durch die Schwere ihrer Theile, und die Ursach dieser Schwere, oder die Schwerkraft liegt außer den Gränzen unserer sinnlichen Wahrnehmungen. Wir bleiben daher bey ihr, als einer Grundursach, oder einer Grundkraft stehen, deren Wirkung wir nur erfahren, die wir aber an sich selbst nicht erkennen können.

§. 9. Alle Naturbegebenheiten geschehen nach gewissen und unabänderlichen Regeln in der Körperwelt, und die Wirkungen erfolgen immer auf einerley Art, wenn sich die Körper in einerley Umständen befinden. Die Bestimmungen dieses beständigen Erfolgs der Wirkungen bey Körpern unter einerley Umständen nennt man Naturgesetze (leges naturae). Sie sind freylich nur Folgerungen, welche wir aus den Wirkungen der Körper ziehen, oder Gesetze, welche wir in die Körperwelt eintragen. Nur die Wirkungen sind in der Natur, die Gesetze dazu legt unser Verstand hinein. Die Kenntniß dieser Naturgesetze ist indessen für uns von der größesten Wichtigkeit und vom größesten Nutzen. Sie verschaffen uns eine allgemeinere Uebersicht der Phänomene, bringen Einheit in unsere Vorstellungen, und belehren uns von dem, was geschehen kann und wird, oder nicht wird, wenn diese oder jene Umstände eintreten. Indessen muß man zugeben, daß, wenn man die Naturbegebenheiten auf allgemeinere Naturgesetze zurückführt, dies noch nicht dieselben erklären (§. 8.) heißt; oder daß Kenntniß der Naturgesetze noch nicht Kenntniß aus Ursachen ist. Beide thun aber auch einander keinen Eintrag, und es bleibt dem ohngeachtet wahr, daß die Kenntniß der Gesetze der Natur mehr werth ist, als Erklärungen aus Hypothesen, und daß wir in sehr vielen Fällen besser thun, uns erst um diese Gesetze zu bekümmern, ehe wir es wagen dürfen, nach den Ursachen zu forschen. Der Nutzen der Kenntniß der Naturgesetze fließt aus ihrer Allgemeinheit und Beständigkeit.

Als Beyspiele zur Erläuterung dienen hier: die Zeit des Trächtigseyns der Thiere; das Gesetz der Brechung des Lichts; das Verhältniß, das hierbey zwischen dem

Sinus des Einfallswinkels, und dem des gebrochenen Winkels stattfindet; das Gesetz des Falles der schweren Körper im leeren Mittel; das hydrostatische Gesetz; das Reflexionsgesetz; das Gesetz des Anziehens ungleichnamiger Pole des Magnets; des Abstoßens gleichnamiger Pole desselben, u. d. m.

Beyspiele des Nutzens für die Ausübung geben: die Anwendung des Gesetzes der Leitung der electrischen Materie zu Gewitterableitern; die Anwendung der Kenntniß der Verwandtschaftsgesetze in der Chemie, u. a.

§. 10. Bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten erforscht die Naturlehre die Eigenschaften der Dinge, welche den Grund von jenen in sich enthalten, auf eine doppelte Weise, theils durch Erfahrungen (experientiâ), theils durch Folgerungen und Vernunftschlüsse (ratiocinio), die sie aus den Erfahrungen zieht.

§. 11. Erfahrungen (§. 10.) heißen die Wahrnehmungen der Veränderungen an den Materien unserer Welt durch unsere Sinne. Wir lassen hiebey die Dinge entweder in dem Zustande, worin sie sich ohne unser Zuthun befinden, und dann heißt die Erfahrung eine Beobachtung oder Bemerkung (observatio); oder wir verändern dabey vorsetzlich ihren Zustand, und lassen sie bey veränderten Umständen andere Wirkungen äußern, die sie für sich selbst nicht hervorgebracht haben würden; in diesem Fall nennt man die Erfahrung einen Versuch (experimentum).

§. 12. Durch Versuche lernen wir Wirkungen und Kräfte der Dinge kennen, die wir durch bloße Beobachtungen vielleicht nie würden wahrgenommen haben, und dringen durch sie tiefer in die Natur der Körper ein. Sie verleiten aber auch, zumal wenn sie sehr verwickelt sind, viel leichter zu Irrthümern

mern als bloße Beobachtungen. Mangel an Beobachtungen macht Versuche nothwendig; aber die Versuche müssen auch auf Beobachtungen zurückführen, wenn sie alle Phänomene unter einander verbinden, und die allgemeinsten Ursachen entwickeln sollen. Bey manchen Dingen ist die Erfahrung durch Versuche unmöglich.

§. 13. Die Mittel, durch welche wir Erfahrungen anstellen, und die Veränderungen mit den Sinnen wahrnehmen, oder der Unvollkommenheit unserer Sinne zu Hülfe kommen, heißen **Werkzeuge, Instrumente.** Man begreift sie zusammen unter dem Namen des **physischen Apparats** (supellex physica). Einfachheit, Genauigkeit und Reinlichkeit sind nothwendige Erfordernisse derselben.

§. 14. Zur Anstellung der Erfahrung wird eine gute Beschaffenheit der Sinnorgane, die Anwendung mehrerer Sinne (wenn sie Statt haben kann), Aufmerksamkeit auf alle Umstände, um nichts zu übersehen, die strengste Genauigkeit, Vorsicht, Mangel an Vorurtheil, Unpartheylichkeit, und endlich Vollkommenheit der Werkzeuge erfordert. Die Abänderung der Versuche ist von dem größten Nutzen, und schützt uns desto sicherer vor Irrthümern.

§. 15. Bloße Erfahrungen können keinen Nutzen haben, wenn nicht Folgerungen und Schlüsse auf die Natur des untersuchten oder wahrgenommenen Gegenstandes daraus hergeleitet werden können. Der **Naturforscher** muß daher auch aus den Erfahrungen, die über die Dinge angestellt worden sind, durch richtige Schlüsse die Natur der Körper bestimmen und die Ursachen der Naturbegebenheiten ent-

entwickeln; dann aber auch seine Folgerungen durch Versuche und Beobachtungen, auch unter abgeänderten Umständen, zu bestätigen suchen. Er muß zuerst die Eigenschaften der Stoffe analytisch erforschen, und dann aus ihrer Verbindung unter einander synthetisch die Folgerungen machen, die zur Erklärung der Veränderungen und der Naturbegebenheiten dienen. Er verdient den Namen eines Naturphilosophen, wenn er bey den Erklärungen der mannigfaltigen Naturbegebenheiten sie bis auf die einfachsten Grundursachen zurückführen kann.

Franc. Bac. de Verulamio de interpretatione naturae; in seinen *Operibus. Lips.* 1694. *fol.* S. 264. ff. *Torb. Bergmann* de indagando vero; in seinen *Opusc. phys. chemic. Vol. I. Holm et Lips.* 1779. 8. im *Introitu*. *J. Sennebier* l'art d'observer. à Geneve 1775. T. I. II. Die Kunst zu beobachten, von J. Sennebier, a. d. Fr. von Gmelin. Leipz. 1776. T. I. II. 8. *Carrard* art d' observer. à Amsterdam 1777. 8.

§. 16. Die Erklärungen, die weder auf Erfahrungen, noch auf richtigen Vernunftschlüssen beruhen, dürfen schlechterdings nicht stattfinden. Da wir aber bey den Erklärungen der Naturbegebenheiten nicht immer alle wirkende Ursachen sinnlich wahrnehmen und untersuchen können, so nöthigt uns in diesem Falle die Befriedigung des Bedürfnisses unseres Geistes, eine Ursache im Voraus anzunehmen, aus der wir die beobachteten Wirkungen folgern. Diese Erklärungsart heißt die hypothetische, und ist der categorischen entgegengesetzt, wo man auf sinnlich zu erweisende Ursachen zurückgeht.

§. 17. Nur der Misbrauch der Hypothesen ist verwerflich; der gehörige und kluge Gebrauch derselben ist oft nützlich. Sie geben nicht selten Gele-

gen-

genheit zu neuen und abgeänderten Versuchen, und bieten also Stoff zur Erweiterung unserer Kenntniß und zur Erforschung der Eigenschaften der Körper dar; und es ist nicht zu leugnen, daß sie selbst zur Erfindung der Wahrheit, und zur Vervollkommnung der Naturlehre beygetragen haben. Nur muß man bey der hypothetischen Erklärungsart zugestehen, daß sie nichts weiter, als hypothetisch ist.

§. 18. Eine Hypothese muß, wenn sie zur Erklärung zugelassen werden soll, auf Versuchen oder Beobachtungen beruhen, zur vollständigen und ungezwungenen Erklärung der Naturbegebenheiten hinreichen, und keinem andern ausgemachten und allgemeinen Naturgesetze widersprechen. Diese Eigenschaften bestimmen ihre Wahrscheinlichkeit, und diese steigt bis zur höchsten Stufe, wenn alle und jede Folgerungen daraus hergeleitet und die Unmöglichkeit einer jeden andern Voraussetzung dargethan werden kann. Die analogischen Erklärungen sind oft nützlich, aber sehr leicht trügerisch, und also nur mit der größten Vorsicht anzuwenden.

§. 19. Bey den Erklärungen sind folgende Regeln (*regulae Newtonianae*) zu beobachten: 1) Keine andere Ursachen sind für wahr zu halten, als welche zur ungezwungensten, einfachsten und verständlichsten Erklärung einer Naturbegebenheit nothwendig und hinreichend sind. Die Ursachen aber sind wahr, a) wenn sie sinnlich in der Natur zu erweisen sind, und es ausgemacht ist, daß sie bey der beobachteten Naturbegebenheit zugegen waren, alle andere Ursachen aber dabey offenbar ausgeschlossen werden; b) wenn das Phänomen

nomen nicht bloß möglicher Weise, sondern offenbar daraus fließt; c) wenn unter abgeänderten Umständen eben dieselbige Ursach auch dieselbigen Phänomene hervorbringt; und d) endlich, wenn bey der Wegnahme der Ursach das Phänomen wegfällt.

Erläuterung durch das Beyspiel vom Aufsteigen des Wassers vermittelst des Drucks der Luft in Saugpumpen. *Petr. v. Muschenbroek* introd. ad philos. nat. L. B. 1761. 4. §. XXXI.

§. 20. 2) **Würkungen von einerley Art müssen auch einerley Ursach zugeschrieben werden.** Hierbey muß man sich aber hüten, von der Aehnlichkeit und der Uebereinstimmung gewisser Umstände verschiedener Phänomene auf die Identität ihrer Ursach zu schließen, und oft hält es schwer, das Zufällige, was die Aehnlichkeit macht, von dem Wesentlichen zu unterscheiden.

Muschenbroek a. a. O. §. XXXIV.

§. 21. 3) **Die Eigenschaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig sind, und die man bey allen Körpern, mit denen man Versuche anstellen kann, antrifft, sind für allgemeine Eigenschaften der Körper zu halten.**

Muschenbroek a. a. O. §. XXXV.

§. 22. 4) **Die aus den Phänomenen durch Induction gesammleten Sätze müssen wir, ohngeachtet der entgegenstehenden Hypothesen, für völlig wahr, oder sehr nahe für wahr halten, bis wir auf andere Phänomene treffen, durch die sie entweder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden.**

Muschenbroek a. a. O. §. XXXVI.
Isaac Newton Philosoph. natural. princip. mathem. L. III.

§. 23.

§. 23. Zur philosophischen Erklärung der natürlichen Begebenheiten und Wirkungen der Materie, wird außer der nöthigen historischen Kenntniß der Körper erfordert, daß man die ungleichartigen Bestandtheile der Körper, und die einfachen Stoffe überhaupt, die Art und Weise ihrer Vereinigung, und ihre Verhältnisse unter einander kennt; und dann endlich, daß man die Größe ihrer Kraft gehörig ermessen kann. Die Naturgeschichte, die Chemie, und die Mathematik werden also die Grundlage, auf welche man das Gebäude der philosophischen Naturlehre errichten muß.

§. 24. Auf diese Art wird dann die Naturlehre, so unvollkommen sie auch noch ist, zu der nützlichsten Wissenschaft erhoben, die unserem Verstande Nahrung, und unserm physischen Zustande Vortheil verschaffen kann. Sie giebt die unverkennbarsten Fingerzeige von dem Daseyn eines allmächtigen, weisen und gütigen Wesens, reißt uns unwiderstehlich zur Bewunderung desselben hin, und erhöhet unsern Glauben an dasselbe; sie macht uns näher mit uns selbst bekannt; sie lehrt uns die Körper kennen, deren wir uns täglich zu unserm Unterhalte bedienen; sie zeigt uns den Nutzen mehrerer für unsere Gesundheit, und lehrt uns den Nachtheil anderer für uns gehörig meiden; sie giebt Mittel an die Hand, die natürlichen Dinge zur Nothdurft und Bequemlichkeit des Lebens anzuwenden; sie unterhält uns auf die angenehmste Weise, und schafft Vergnügen; sie zerstört am kräftigsten die Fesseln des Aberglaubens, schützt uns vor thörichten Folgen desselben; und endlich, (was kein unbeträchtlicher Nutzen ist!) sie führt uns eben so zur Demuth und Bescheidenheit,

und zeigt uns, daß unser Wissen höchst eingeschränkt ist, als sie uns zur weitern Anstrengung unserer Verstandeskräfte immer mehr und mehr ermuntert, und Gelegenheit darbietet.

§. 25. Da die Naturlehre eine gemischte Wissenschaft ist, so darf ihr Lehrvortrag sich nicht bloß auf speculative Betrachtungen einschränken, sondern er muß intuitive Kenntnisse ertheilen, die Lehrsätze aus Erfahrungen herleiten und durch Versuche beweisen. Die richtige Verbindung der empirischen mit der speculativen oder theoretischen Physik macht erst das Lehrgebäude vollständig. Am nützlichsten scheint mir die Methode, nach welcher man bey dem Vortrage die Theorie mit den Versuchen verwebt.

§. 26.

Geschichte der Naturwissenschaft.

Spuren physikalischer Wissenschaften bey den Völkern des höchsten Alterthums, den Hindus, den Babyloniern oder Chaldäern, Persern, und Aegyptern. — Data, als Beweise der wissenschaftlichen physikalischen Kenntnisse eines Volkes der Urwelt. Verfall dieser Kenntnisse bey den vorgenannten Völkern.

Wenige Fortschritte der Naturlehre bey den Griechen, und Hindernisse derselben durch übertriebene Erklärungssucht und Speculation, und Mangel an Experimental-Untersuchungen. Thales (um das J. d. W. 3400), Pythagoras (3475), Democritus (3500), Plato (3638), Aristoteles (3664), und die Peripatetiker; Epikur (3900). Stiftung der Schule zu Alexandrien. Große Vervollkommnung

tung der Mathematik und Astronomie bey den Griechen in dieser Schule: Euklides (300 J. vor C. G.), Hipparchus (160 J. vor C. G.), Ptolomäus (im 2. Jahrh. nach C. G.); Archimedes zu Syracus (250 J. vor C. G.).

Geringer Fortgang der wissenschaftl. Naturlehre bey den Römern. Lucrez (im 1. Jahrhundert vor C. G.), Seneca und Plinius der ältere (im 1. Jahrh. nach C. G.).

Verfall der Naturlehre und der Weltweisheit überhaupt beym wachsenden Verfall des römischen Reichs. Kabbalistische und gnostische Philosophie. Neuplatonische Philosophie. Mystik. Alchemie.

Erhaltung und Bearbeitung mathematischer, astronomischer, und chemischer Kenntnisse bey den Arabern (vom 9. J. nach C. G. an).

Traurige Beschaffenheit der Naturwissenschaft in den abendländischen Reichen, vom Einfall der kriegerischen nördlichen Völker ins römische Reich im 5ten Jahrh. nach C. G. bis zur allmäligen Wiederherstellung der Wissenschaften im 15. Jahrh. Scholastische Philosophie. Einige wichtige practische Entdeckungen dieses Zeitraums, des Compasses, der Brillen, des Schießpulvers. Fortschritte einzelner mechanischen Künste und Operationen. Albrecht der Große (im 13. Jahrh.), Flavio Giojas (im 14. Jahrh.).

Ursprung der Experimental-Physik. Schleunige Fortschritte der wissenschaftl. Kenntniß der Naturlehre: Nicol. Copernicus (geb. 1472, gest. 1543); Tycho de Brahe (geb. 1546, gest. 1601); Franz Baco von Verulam (geb. 1560, gest. 1626); Galileo

lileo Galilei (geb. 1564, gest. 1641); Joh. Kepler (geb. 1571, gest. 1630); Peter Gassendi (geb. 1592, gest. 1655); Willebrord Snellius (geb. 1591, gest. 1626); Renat des Cartes (geb. 1596, gest. 1650); Evangelista Torricelli (geb. 1618, gest. 1647); Otto von Guerike (geb. 1602, gest. 1686); Rob. Boyle (geb. 1626, gest. 1691); Gottfr. Wilh. Leibnitz (geb. 1646, gest. 1716); Isaac Newton (geb. 1642, gest. 1727.).

Neuerer Zeitraum. Erweiterung der Lehre von der Electricität. Fortschritte der Naturlehre durch Vervollkommnung der Chemie. Entdeckungen in der Lehre von der Luft und den expansiblen Flüssigkeiten. Verdienste der Neuern; herrschende Mängel; Hindernisse, die ihren Fortschritten entgegen sind.

Es fehlt uns noch eine ausführliche und zusammenhängende Geschichte der Naturwissenschaft. Das Werk des Hrn. *de Loys: Abregé chronologique pour servir à l'histoire de Physique*, à Strasbourg, T. I.—IV. 1786—89. 8. fängt erst mit Galilei vom J. 1589 an; die Ordnung desselben ist nicht musterhaft, und die nöthige Critik wird oft vermißt.

§. 27.

Verzeichniß einiger physikalischer Schriften.

1) Systeme und Lehrbücher.

1) *Isaac Newtoni* philosophiae naturalis principia mathematica. Lond. 1687. 4. 1726. 4.

Eadem perpetuis commentariis illustrata, studio P. P. *Thomae le Sueur* et *Franc. Jacquier*. Genevae T. I.—IV. 1739. 4. 1760. 4.

Eadem

Eadem commentationibus illustrata potissimum *Ioannis Tessanek* et quibusdam in locis veterioribus *Th. le Sueur* et *Fr. Jacquier* aliter propositis. T. I. Pragae 1780. 4.

2) Physices elementa mathematica, experimentis confirmata, auct. *Guil. Iac. S' Gravesande.* Leidae 1719. 4. 1744. T. I. II. 4. ed. 3a.

3) Christ. Wolfs Versuch zu genauerer Kenntniß der Natur und Kunst. Halle 1721—1723. B. I—III. 8.

4) *Petr. van Muschenbroek* introductio ad philosophiam naturalem. Lugd. Bat. 1762. T. I. II. gr. 4.

5) Leçons de Physique experimentale, par Mr. l'Abbé *Nollet.* à Paris 1743. u. f. T. I—VI. 8.

Des Herrn Abts J. A. Nollet Vorlesungen über die Experimental-Naturlehre. Aus d. Franz. Erf. 1749—1764. Th. 1—6. 8.

6) Joh. Andr. Segners Einleitung in die Naturlehre. Göttingen 1746. 8. 1754. 8. 1770. 8.

7) Praelectiones in Physicam theoreticam, conscriptae a *Geo. Wolfg. Krafft.* Tubing. 1750. 8. in Physicae partes mechanicas. P. II. 1751. 8. in Physicae partes opticas et his cognatas. P. III. 1754. 8.

8) Joh. Pet. Eberhards erste Gründe der Naturlehre. Halle 1752. 8. 5te Auflage 1787. 8.

9) Leçons de Physique experimentale, par M. *Sigaud de la Fond.* à Paris 1767. T. I. II. 12.

Anweisung zur Experimental-Physik, a. d. Fr. des Hrn. Sigaud de la Fond. Dresden 1774. Th. I. II. gr. 8.

Ebendesselben Elemens de physique theorique et experimentale. à Paris 1777. T. I—IV. 8.

10) Anfangsgründe der Naturlehre, von Joh. Christ. Polyk. Erxleben. Göttingen 1772. 8. 1777. 8. mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg. 1784. 8. 1787. 8. 1791. 8.

11) Wenzesl. Joh. Gustav Karsten Anfangsgründe der Naturlehre. Halle 1780. 8. Zweyte Auflage von F. A. C. Gren. Halle 1790. 8.

12) Ebendesselben Anleitung zur gemeinnützlichen Kenntniß der Natur. Halle 1783. 8.

13) Eben-

13) Ebendesselben kurzer Entwurf der Naturwissenschaft. Halle 1785. 8.

14) *T. G Kratzensteins* Vorlesungen über die Experimentalphysik. 6. Auflage. Kopenhagen 1787. 8.

15) Elemens de Physique en forme de Tables, par M. *Schurer*, à Strasbourg 1786. 8. T. I.

16) *I. H. van Swinden* positiones physicae. Harderovici T. I. 1786. T. II. 1787. gr. 8.

17) Grundlage zu meinen Vorlesungen über die Experimentalphysik, von Marcus Herz. Berlin 1787. 8.

18) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, von Immanuel Kant. 2te Auflage. Riga 1787. 8.

19) Geo. Sim. Klügels Anfangsgründe der Naturlehre in Verbindung mit der Chemie und Mineralogie. Berlin und Stettin 1792. 8. und in dessen Encyklopädie, 2te Auflage, Th. II. Berlin und Stettin 1792. 8.

20) Vorlesungen über die Experimentalphysik, von F. C. Achard. Th. I—IV. Berlin 1791. 8.

2) Wörterbücher.

Physikalisches Wörterbuch, oder Versuch einer Erklärung der vornehmsten Begriffe und Kunstwörter der Naturlehre in alphabetischer Ordnung, von Joh. Sam. Traugott Gehler. Th. I. Leipzig 1787. Th. II. 1789. Th. III. 1790. Th. IV. 1791. 8.

3) Vermischte Schriften.

1) *Franc. Bacon. de Verulamio* opera omnia, opera *Simon. Ioh. Arnoldi.* Lipſ. 1694. fol.

2) *Robert Boyle* opera varia. Genevae 1680. 4. cum appendic. 1682—1688.

3) *Christ. Hugenii* opera varia, cura *Guil. Iac. S' Gravesande.* T. I. II. Lugd. Bat. 1724. 4.

Ejusd. opera reliqua. T. I. II. Amſtelod. 1728. 4.

4) *Petri van Muschenbroek* physicae experimentales et geometricae dissertationes. Lugd. Bat. 1729. 4.

5) Tentamina experimentorum naturalium captorum in Academia del Cimento, edit. a *Petr. van Muschenbroek.* Lugd. Bat. 1731. 4.

6) *Leon.*

6) *Leon. Euleri* opuscula varii argumenti. T. I—III. Berol. 1746. 1750. 1751. 4.

(Ebendesselben) Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie. T. I—III. à Mitau 1770—1774. 8. Nouv. Edit. par M. *de Condorcet* et *de la Croix*. à Paris T. I. 1787. T. II. 1788. gr. 8.

Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie. I—III. Th. Leipzig 1769—1774. gr. 8. Neue Ausgabe von Fr. Kries. B. I. Gotha 1792. gr. 8.

7) *Abr. Gotth. Kaestner* dissertationes mathematicae et physicae. Altenb. 1771. 4.

8) Recherches sur les modifications de l'atmosphere, par *Jean André de Luc*. T. I. II. à Geneve 1772. gr. 4.

J. A. de Luc Untersuchungen über die Atmosphäre, und die zu Abmessung ihrer Veränderungen dienlichen Werkzeuge. a. d. Franz. Th. I. II. Leipzig 1776. 1778. 8.

9) Ebendesselben Idées sur la meteorologie. T. I. II. à Londres 1786. 8.

Neue Ideen über die Meteorologie, von J. A. de Luc. a. d. Fr. Th. I. II. Berlin und Stettin 1787. 1788. 8.

10) Voyages dans les Alpes, par *Horace Bened. de Saussure*. T. I—IV. à Geneve 1780—1786. gr. 8.

Horat. Bened. von Saussure Reisen durch die Alpen. a. d. Franz. Leipzig 1781—1788. B. I—IV. 8.

11) Fr. Carl Achards chymisch-physische Schriften. Berlin 1780. 8.

12) Ebendesselben Sammlung physikalischer und chymischer Abhandlungen. B. I. Berlin 1784. 8.

13) *Torb. Bergmann* opuscula physica et chemica. Vol. I. II. Holm. Upsal. et Aboae 1779—1780. 8. Vol. III. ebendas. 1783. und Lips. 1786. gr. 8. Vol. IV—VI. edid. *Ern. Benj. Gottl. Hebenstreit*. Lips. 1787. 1788. 1790. gr. 8.

14) *Carol. Guil. Scheele* opuscula chemica et physica, ed. *Ern. Benj. Gottl. Hebenstreit*. Vol. I. II. Lips. 1788. 1789.

B 15) Ex-

15) Experiments and obſervations on different Kinds of Air, by *Joſ. Prieſtley.* Lond. 1774. 8. Sec. edit. 1775. 8. Vol. II. 1775. Vol. III. 1776. 8.

Dr. Joſ. Prieſtleys Verſuche und Beobachtungen über verſchiedene Gattungen der Luft. a. d. Engl. Th. I. Wien und Leipzig 1778. 8. Th. II. 1779. Th. III. 1780.

16) Ebendeſſelben Experiments and obſervations relating to various branches of natural Philoſophy; with a continuation of the obſervations on air. Lond. 1779. Vol. II. Birmingh. 1781. 8. Vol. III. Birmingh. 1786. 8. (Der Herr Verf. führt dies Werk als eine Fortſetzung des vorigen an. Eine neue Ausgabe bei- der zuſammen in 3 B. iſt zu London 1790. vom Verf. herausgegeben.)

Dr. Joſ. Prieſtley Verſuche und Beobachtungen über ver- ſchiedene Theile der Naturlehre. a. d. Engl. Leipzig 1780. B. II. Wien und Leipzig 1782. 8.

17) Opuſcules phyſiques et chymiques, par M. *Lavoiſier.* T. I. II. à Paris 1774. 8.

Herrn Lavoiſier phyſikaliſch-chemiſche Schriften. a. d. Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. B. I. Greifswalde 1783. 8. B. II. 1785. 8. — aus dem Franzöſiſchen geſammlet und überſ. mit Anmerk. von ebendemſelben. B. III. Greifswalde 1785. 8. von H. F. Link. B. IV. Greifswalde 1792. 8.

18) Joh. Ingenhouß vermiſchte Schriften, phyſiſch-me- diziniſchen Inhalts; überſetzt und herausgegeben von Nikl. Karl Molitor. Wien 1782. 8. Neue, ſehr ver- mehrte Auflage. B. I. II. Wien 1784. 8.

19) Sammlungen zur Phyſik und Naturgeſchichte, von einigen Liebhabern dieſer Wiſſenſchaften. B. I. Leipzig 1779. 8. B. II. 1782. B. III. 1787. B. IV. 1792. 8.

20) Opuſcoli fiſico-chimici del Cavaliere *Marſilio Landriani.* Milano 1781. 8.

4) Magazine und Journale.

1) Hamburgiſches Magazin, oder geſammlete Schriften zum Unterricht und Vergnügen aus der Naturfor- ſchung

schung und den angenehmen Wissenschaften überhaupt. B. I — XXVI. Hamburg 1747 — 1763. 8.

Neues Hamburgisches Magazin. Hamburg 1767. u. f. 8.

3) Observations sur la Physique, sur l' Histoire naturelle, et sur les Arts, par M. l'Abbé *Rozier* — M. *Mongez*, et *de la Metherie*. T. I. à Paris 1773. — T. XL. 1792. 4. (wird fortgesetzt.)

4) Bibliotheca fisica d' Europa, di *L. Brugnatelli*. Pavia. T. I — XII. 8. (wird fortgesetzt.)

4) Magazin für das Neueste aus der Physik und Naturgeschichte, herausgegeben von Lichtenberg. B. I—III. Gotha. 1781 — 86. Fortgesetzt von Voigt. B. IV. 1786. — B. VII. 1792. 8. (wird fortgesetzt.)

5) Lor. Crell Chemisches Journal. Th. I. Lemgo 1778. — Th. V. 1780. 8.

6) Ebendesselben neueste Entdeckungen in der Chemie. Th. I. Leipzig 1781. — Th. XII. 1784. 8.

7) Ebendesselben chemische Annalen. Helmst. und Leipzig 1784. 8. (Wird fortgesetzt, und es erscheinen jährlich zwey Bände.)

8) Ebendesselben Beyträge zu den chemischen Annalen. B. I. Helmst. und Leipzig 1786. 8. — V. B. 1792. (wird fortgesetzt.)

9) Annales de Chymie, ou Recueil de Mémoires concernant la Chymie et les Arts, par M. *de Morveau*, *Lavoisier*, *Monge*, *Berthollet*, *de Fourcroy*, le *Baron de Dietrich*, *Hassenfratz* et *Adet*. Tome I. à Paris 1789. — T. XIII. 1792. 8. (wird fortgesetzt.)

10) Journal der Physik, herausgegeben von D. *Fr. Albr. Carl Gren*. B. I. Halle u. Leipz. 1790. — B. VI. 1792. 8. (wird fortgesetzt).

§. 28. Ich theile die Naturlehre in die allgemeine (Physica generalis), und die besondere (Physica specialis) ein. In jener betrachten wir die

die Materie, entweder in so fern sie das Bewegliche im Raume und ohne alle inhärirende Kräfte ist, oder in so fern sie nur durch einzelne einfache Grundkräfte afficirt wird. Wir untersuchen die Phänomene, die sie vermöge dieser einfachen Grundkräfte äußert, ohne auf andere damit verbundene Qualitäten Rücksicht zu nehmen. Dieser Theil der Naturlehre könnte auch die **reine Naturlehre** genannt werden. In der **besondern** oder **angewandten Naturlehre** hingegen beschäfftigen uns die Materie und Körper in concreto, und wir untersuchen hier die denselben inhärirenden Kräfte und Eigenschaften, die zusammengenommen die Natur derselben ausmachen.

Erster

Erster Theil.

Allgemeine Naturlehre.

Erster Abschnitt.

Allgemeine Eigenschaften der Materie.

§. 29.

Wir können uns nichts Körperliches anders denken, als daß es in einem Raume enthalten ist, den man nach dreyerley, auf einander senkrecht stehenden Richtungen abmessen, oder worin man Länge, Breite und Höhe unterscheiden kann; oder daß es ausgedehnt ist. Diese Ausdehnung ist mit der Vorstellung jedes Körperlichen unzertrennlich verknüpft.

§. 30. Die Ausdehnung eines jeden Körpers nach der Richtung der Länge, Breite und Höhe (§. 29.) ist mit Flächen begränzt, deren Lage und Stellung gegen einander die Figur des Körpers bestimmt. Jeder Körper hat also eine Figur.

§. 31. Zu dem Wesen des Körpers gehört aber außer dieser begränzten Ausdehnung noch etwas, welches verhindert, daß in einer und eben derselben begränzten Ausdehnung nicht noch etwas anderes außer dem Körper seyn könne. Dieses Etwas nennen wir Materie, und jenes Phänomen, das sie äußert, Undurchdringlichkeit.

§. 32. Wenn man sich aus der begränzten Ausdehnung eines Körpers dasjenige wegdenkt, was diese

diese Ausdehnung undurchdringlich macht, so daß die Vorstellung der Ausdehnung selbst noch bleibt, so hat man die Vorstellung des leeren Raums, oder des geometrischen Körpers. Raum ist also die durchdringliche Ausdehnung, und Materie das, was diese Ausdehnung undurchdringlich macht. Körper ist diesemnach eine undurchdringliche begränzte Ausdehnung.

Wir bekümmern uns hier nicht darum, ob die Vorstellung des Raumes bloß und allein nur subjective Gründe habe, und der Raum nur eine Anschauung a priori; oder ob er nur allein ein empirischer, durch Erfahrung von den Körpern abgezogener, Begriff sey. Die Untersuchung darüber gehört in die Metaphysik.

§. 33. Der Begriff der Ausdehnung ist einfach, und läßt sich nicht weiter zergliedern; und die Erklärung, daß das Ausgedehnte aus neben einander befindlichen Theilen bestehe, will nicht mehr sagen, als: das Ausgedehnte besteht aus etwas, das ausgedehnt ist. Wir gestehen gern ein, daß wir von dem Ausgedehnten und Undurchdringlichen an sich nichts wissen; sondern daß beide nur Phänomene sind, deren Ursach außer den Gränzen unsers Wissens liegt.

§. 34. Der bloße Raum (§. 32.) eines Körpers, ohne Materie gedacht, muß als eine stetige Größe (continuum) angesehen werden, oder als vollkommen ausgefüllt durch seine Theile. Wenn wir uns aber den Raum auf diese Art mit Materie erfüllt vorstellen, so haben wir den Begriff von einem absolut dichten Körper (corpus absolute densum), oder von einem Körper, dessen Raum in jedem Puncte undurchdringlich ist. Die Erfahrung lehrt uns aber, daß die Körper nicht einerley Dichtigkeit haben, und

daß

daß auch die dichtesten, welche wir kennen, noch von andern Materien durchdrungen werden können, folglich Zwischenräume (pori) haben, die nicht mit Materie angefüllt seyn müssen. Es giebt daher keinen vollkommen dichten Körper, und die Dichtigkeit (densitas) ist nur ein relativer Begriff. Ein Körper heißt dichter, wenn er weniger, und lockerer, wenn er mehr Zwischenräume hat, als ein anderer.

§. 35. Wenn kein Körper vollkommen dicht zu nennen ist (§. 34.), so muß hingegen die Porosität einem jeden Körper zukommen. Es giebt also einen zerstreueten leeren Raum (vacuum disseminatum). Die Figur, die Größe, die Lage und Verbindung dieser kleinsten Zwischenräume ist gewiß eben so verschieden, als ihre Menge bey den verschiedenen Körpern; da sie aber außer den Gränzen unserer sinnlichen Wahrnehmungen liegen, so läßt sich auch darüber nichts weiter sagen.

Rob. Boyle tentamen porologicum, sive ad porositatem corporum tum animalium tum solidorum detegendam. Genevae 1686. 4.

§. 36. Schon der Begriff der Ausdehnung leitet uns darauf, daß die Körper aus Theilen bestehen müssen. Da wir uns nun hier, durch das Beyeinanderseyn der Theile der Körper, noch keine Kräfte denken, durch die sie mit einander verbunden sind, und die folglich ihrer Trennung von einander Widerstand leisten könnten, so folgt, daß die Körper auch theilbar sind, und daß diese Theilbarkeit allen und jeden Körpern zukömmt. Aber auch bey der mit Kräften begabten Materie beweist die Erfahrung ihre Theilbarkeit.

§. 37.

§. 37. Es frägt sich, ob wir diese Theilbarkeit der Körper bis ins Unendliche annehmen dürfen? — In so fern wir uns auch das kleinste Körpertheilchen nicht anders als ausgedehnt denken können, müssen wir es freylich noch als aus neben einander befindlichen Theilen bestehend, folglich noch als theilbar ansehen. Aber dies ist auch nur immer Theilung des Raums, und wir können zwar Ausdehnung in Gedanken, aber nicht in der wirklichen Natur, von der Materie absondern. Da der Raum nicht aus reellen, sondern nur aus imaginären Theilen besteht, so ist keiner darunter der kleinste zu nennen, und die Theilbarkeit des Raums ist allerdings unendlich, wie sich erweisen läßt.

Man ziehe (Fig. 1.) die Parallellinien AB und CD; auf beide errichte man eg und fh senkrecht, und beschreibe so das Parallelogramm efgh. Wird nun aus g die Linie gf gezogen, so wird das Parallelogramm dadurch in die beiden Dreyecke gef und ghf getheilt. Wenn aus eben diesem Puncte g die Linien gk, gl, gm gezogen werden, so wird das Dreyeck ghf dadurch immer in kleinere Theile getheilt. Da es nun ausgemacht ist, daß sich die Linie AB ohne Ende verlängern läßt, und da man ferner aus dem Puncte g gegen alle Puncte der unendlich verlängerten Linie AB eine Linie ziehen kann, ohne daß sie endlich mit CD zusammenfiele, weil diese sonst mit AB nicht parallel wäre, welches der Voraussetzung zuwider ist; so folgt, daß das Dreyeck ghf dadurch in unendlich viele Theile getheilt, und daß diese Theilung ohne Ende fortgesetzt werden könne.

Oder (Fig. 2.) man ziehe auf AB die Linie IC senkrecht, und beschreibe nun mit dem Halbmesser DC den Bogen CK, und mit dem Halbmesser FC den Bogen CL. Der Augenschein lehrt es, daß der Bogen LC der geraden Linie AB näher komme, als der Bogen CK. Der mit dem Halbmesser GC beschriebene Bogen CM kömmt ihr noch näher, und der mit dem Halbmesser CH beschriebene noch mehr, und so immer fort, je größer der Radius ist, mit welchem der Bogen beschrieben wird. Der Raum KCB wird dadurch immer mehr getheilt. Weil sich nun die Linie CI nach I zu ohne Ende verlängert annehmen läßt, so lassen sich auch

auch mit dem ohne Ende wachsenden Radius GI durch den Punct C unendlich viele immer größer werdende Bogen ziehen, die der Linie AB immer näher kommen, ohne daß endlich ein solcher Bogen mit AB zusammenfallen könne, indem er sonst nicht von seiner Tangente, und die krumme Linie nicht von der geraden unterschieden wäre. Der zwischen KCB befindliche Raum wird solchergestalt ohne Ende getheilt werden können.

§. 38. Von dieser unendlichen Theilbarkeit des Raumes gilt aber nun kein Schluß auf die unendliche Theilbarkeit der Materie im Raume. Weil wir uns jedes Körperliche nicht anders als ausgedehnt denken können, so wird freylich das kleinste Körpertheilchen für uns noch kein mathematischer Punct seyn können; da aber die Materie nicht aus imaginären, sondern aus reellen Theilen besteht, so würde es einen Widerspruch in sich selbst enthalten, in einem begränzten oder endlichen Raume eine unendliche Menge reeller Theile anzunehmen.

§. 39. Wir müssen also in Ansehung der Theilbarkeit der Materie der Körper endlich bey Theilen stehen bleiben, die die kleinsten und als die Gränzen der physischen Theilung anzusehen sind. Diese allerletzten Theile der Materie, die nicht weiter physisch theilbar sind, nennt man **Atome**. Aus subjectiver Nothwendigkeit müssen wir sie selbst noch für ausgedehnt halten.

Dieser atomistischen Lehre ist die dynamische entgegengesetzt, die der Materie die absolute Undurchdringlichkeit abspricht, die unendliche Theilbarkeit derselben annimmt, und ihr Wesen bloß auf Repulsions- und Attractionskräfte einschränkt.

Da beide Systeme eingestehen müssen, daß das, was uns die Sinne von den Körpern lehren, nur Schein, nur Phänomen ist, und daß wir von der Materie an sich nichts wissen; so müssen sie auch beide zugeben, daß der Werth unserer Naturlehre nur von der Kenntniß der Gesetze abhängt, denen die Phänomene der

der Materie unterworfen sind, und die wir nur aus Erfahrung, nicht a priori, kennen lernen.

§. 40. Ohngeachtet wir bey der wirklichen Theilung der Materie der Körper diese Atome (§. 39.) derselben wol nie erreichen möchten, und die letzte Gränze ihrer Theilbarkeit nicht kennen, so kann die physische Theilung doch bis zum Erstaunen weit getrieben werden, und die Natur und Kunst vermag Theilungen der Materie vorzunehmen, die nach den Begriffen minder Unterrichteter unglaublich scheinen können.

Beyspiele solcher bewundernswürdig großen Theilungen der Materie geben:

1) Die Materie des Lichts. Durch ein kleines Loch in einem Kartenblatt, dicht vors Auge gehalten, übersehen wir eine beträchtliche Menge irdischer Gegenstände. Die Folge aber wird lehren, daß von jedem sichtbaren Puncte Lichtkegel ins Auge kommen, deren Grundfläche das Loch ist, durch welches wir sehen, und deren Spitze sich am sichtbaren Puncte findet. Diese Lichtkegel müssen unzählbar seyn, weil wir eine unzählbare Menge sichtbarer Puncte wahrnehmen können; und diese Lichtkegel müssen bey ihrem Durchgange sich auch nicht unter einander verwirren und aufhalten.

2) Riechende Ausflüsse. Eine Cubiklinie Lavendelöhl kann die Luft eines Zimmers mit seinem ganzen Geruch ausfüllen, wenn es durch Erwärmung zur Verdünstung gebracht wird. Wenn dies Zimmer 22 Fuß lang, 18 Fuß breit und 10 Fuß hoch wäre, und nun angenommen würde, daß in jeder Cubiklinie Luft dieses Zimmers nur vier riechbare Theilchen des Lavendelöhls wären, so wäre dadurch eine Theilung der Cubiklinie des Oels in 47297,986560 Theilchen bewirkt.

S. Sigaud de la Fond a. a. O. §. 35. Von andern Berechnungen der außerordentlich großen Theilung der Materie bey riechenden Ausflüssen s. *Rob. Boyle* de mira effluviorum subtilitate c. 2.

3) Die Dehnbarkeit des Goldes. Ein Gran Gold kann von geschickten Goldschlägern nach Reaumür zu $36\frac{1}{4}$ Quadratzoll (paris. M.) und darüber ausgedehnt werden. Rechnen wir für jeden Zoll Länge nur mit den

den Augen erkennbare Theile, so wird jeder Quadratzoll 200 . 200 = 40000 Quadrate bekommen, deren jedes $\frac{1}{200}$ eines Zolles zur Seite hat, und mit den Augen zu unterscheiden ist. Nun haben wir aber 36½ Quadratzoll, folglich 1,460000 dergleichen Quadrate. Das Blattgold aber ist auf beiden Seiten sichtbar, und so erhalten wir 2,920000 mit den Augen erkennbare Theile an einem Grane Gold.

Noch weiter geht die Sichtbarmachung der Theile des Goldes bey der Vergoldung in der Verfertigung des Draths zu den goldenen Tressen. Nach Reaumur wird dazu eine cylindrische Stange Silber von 22 Zoll Länge und 15 Linien im Durchmesser mit einer Unze Gold vergoldet. Beym Durchziehen durch immer engere Drathzüge und bey dem Glätten wird dieselbe endlich zu einer Länge von 110 französischen Meilen, und darüber, ausgedehnt, wobey das Gold die ganze Oberfläche bedeckt. Die Unze Gold bildet also hier einen Cylinder von 110 × 2000 = 220000 Klaftern × 6 = 1,320000 Fuß × 12 = 15,840000 Zoll × 12 = 190,080000 Linien. Nimmt man an, daß in der Länge einer Linie 12 erkennbare Theile, und auf dem Drathe wenigstens 2 Flächen zu unterscheiden sind, so wären hierbey von einer Unze Gold 12 × 2 × 190,080000 = 4561,920000 Theile sichtbar gemacht worden, welches für einen Gran = $\frac{1}{480}$ Unze 9,295666 erkennbare Theile ausmacht.

Reaumur, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc. de Paris*, 1713. S. 203. ff.

4) Die metallischen Niederschläge. Man löse 4 Gran Eisenvitriol in 2 Kannen Regenwasser auf, und tröpfele dazu von der geistigen Galläpfeltinctur, so wird nach dem Umrühren die Flüssigkeit durchaus eine schwarze Farbe annehmen. Die Kanne Wasser ist zu 36 Unzen gerechnet, und die Unze zu 480 Tropfen; wir haben also 2 × 36 × 480 = 34,560 Tropfen, die alle schwarz gefärbt sind, und den Eisenniederschlag enthalten. Das Eisen in 4 Gran Eisenvitriol beträgt kaum 1 Gran. Wenn wir nun in jedem Tropfen nur 40 erkennbare Theile annehmen, so wäre hierbey 1 Gran Eisen in 40 × 34560 = 1,382400 erkennbare Theile zerrissen worden.

5) Die Pigmente. Ein Gran Kupfer in Salmiakgeist aufgelöst, färbt 392 Cubikzoll (rheinl.) destillirtes oder Regenwasser schön blau, und leidet hierbey nach Muschenbroeks Berechnung eine Vertheilung in 392,500000 erkennbare Theile.

Die Ausziehung von 1 Gran Cochenille mit etwas Lauge vom Gewächsalkali färbt die vorige Menge des stillir-

stillirtes Wasser roth; und erleidet eben so starke Vertheilung.

Muschenbroek introd. ad philos. natur. §. 72. n. 4. 5.

6) Das Gespinste der Spinnen, Seidenwürmer. S. *Rob. Boyle* a. a. O. und *Reaumur* a. a. O.

§. 41. Die Menge der materiellen Theile, die in einem bestimmten Raume eines Körpers enthalten sind, nennt man die **Masse** desselben, und die Größe dieses Raumes den **Inbegriff** (volumen) des Körpers. Da die Ausdehnung nicht allein das Wesen eines Körpers ausmacht (§. 31.), sondern auch zugleich die Materie; so sieht man leicht, daß die wahre Größe der Körper nicht allein aus dem Inbegriffe, sondern aus Vergleichung dieses mit der Masse bestimmt werden müsse.

§. 42. Erfahrungsgründe überzeugen uns nun, daß die Theile der Materie den Inbegriff des Körpers nicht so ausfüllen, wie die Theile des Raums den Raum, und daß die Körper nicht einerley Dichtigkeit haben, folglich auch nicht einerley Menge von Materie in gleichem Raume enthalten können (§. 34.). Der **dichtere** Körper ist also der, welcher mehr, der **lockerere**, welcher weniger Masse bey einerley Raume enthält.

§. 43. Da Dichtigkeit ein relativer Begriff ist, so läßt sich auch dieselbe an sich bey einem einzelnen Körper nicht bestimmen, sondern man kann nur die Verhältnisse der Dichtigkeiten angeben. Man müßte also die Dichtigkeit eines Körpers zur Einheit annehmen, und damit die Dichtigkeiten anderer Körper vergleichen, um zu finden, ob sie größer oder geringer wäre, als die zur Einheit angenommene Dichtigkeit. Wenn nun vorausgesetzt wird, daß die Materie der

Körper in ihrem Raume gleichförmig verbreitet ist, so fließen zur Bestimmung der Dichtigkeiten aus der Vergleichung des Inbegriffs und der Massen folgende Regeln:

1) **Körper von gleichem Volum verhalten sich in ihren Dichtigkeiten wie ihre Massen.**

2) **Körper von gleichen Massen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten umgekehrt, wie ihre Volumina.**

3) **Körper von ungleichem Volum und Massen verhalten sich in ihren Dichtigkeiten wie die Quotienten der Massen durch die Volumina.**

Es seyen nemlich die Volumina zweyer Körper V, v, ihre Massen M, m, und das Verhältniß ihrer Dichtigkeiten sey D, d; so ist nach 1), wenn $V = v$, $D : d = M : m$; und nach 2), wenn $M = m$, $D : d = v : V$. Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Masse der des erstern $= M$, und dessen Volum dem des zweyten $= v$ sey, und dessen Dichtigkeit sich zu denen der beiden erstern verhalte, wie $\delta : D$ und $\delta : d$, so ist:

für den ersten und dritten nach 2), $D : \delta = v : V$
für den dritten und zweyten nach 1), $\delta : d = M : m$

folglich für den ersten und zweyten, $D : d = Mv : mV = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$.

Es folgt also hieraus, daß die Dichtigkeit in geradem Verhältniß der Masse und in umgekehrtem des Volums zunehme; ferner daß die Volumina in geradem Verhältniß der Massen und im umgekehrten der Dichtigkeiten sind, oder daß $V : v = \frac{M}{D} : \frac{m}{d}$; und endlich, daß die Massen im geraden Verhältniß der Dichtigkeiten und Volumina stehen, oder daß $M : m = DV : dv$.

§. 44. Wenn aber nun diese Regeln ihre Anwendung finden sollen, so ist es nöthig, daß wir die Massen der Körper ermessen, oder die Quantität ih-

rer

rer Materie bestimmen können. Dies würde durch Zählung der Atome der Materie, die in dem bestimmten Raume des Körpers enthalten sind, geschehen müssen. Dies ist aber practisch unmöglich, weil wir die Atome der Körper durch Theilung nicht erreichen können (§. 40.), und uns dabey unsere Sinne überhaupt verlassen. Man hat daher gesucht, die relative Quantität der Körpertheilchen in einem begränzten Raume durch das Maaß der Wirkung ihrer Kraft, z. B. durchs Gewicht, zu bestimmen; aber auch dabey ohne Beweis angenommen, daß die Kraft der Schwere alle materiellen Theile aller Körper afficire. Wenn dies aber nun nicht so ist, so sieht man leicht, daß wir gar kein Maaß zur Bestimmung der Massen haben; daß wir, nach unsern gegenwärtigen Kenntnissen, die Massen der Körper gar nicht mit einander vergleichen, und überhaupt die wahre Größe der Körper (§. 41.) nicht ermessen können. Durchs Gewicht erkennen wir nur die Masse der schweren Theile.

In der ganzen Mechanic versteht man immer nur Gewichte, wenn von Massen die Rede ist.

§. 45. Wir finden bey einiger Aufmerksamkeit auf die Körper in der Natur eine sehr große Mannigfaltigkeit ihrer Wirkungen, und unzählige Verschiedenheiten ihrer Eigenschaften. Man verfällt in Spitzfündigkeiten, wenn man bey der Annahme einer völligen Gleichartigkeit der Materie in Ansehung ihrer Grundkraft, die Verschiedenheit ihrer Wirkungen, wovon uns die Sinne belehren, aus der verschiedenen Größe, der verschiedenen Zahl, der verschiedenen Stellung, und der verschiedenen Grundgestalt der Atome der verschiedenen Körper erklären wollte.

wollte. Da wir von diesem allen nichts durch unsere Sinne entdecken und erfahren können, so heißt dies überhaupt nicht erklären, sondern erdichten. Wenn wir nach dem Satze des zureichenden Grundes aus der Verschiedenheit der Wirkungen unter allen Umständen, auf die wesentliche Verschiedenheit von Ursachen zurückschließen können, und nun diese Ursachen Kräfte nennen wollen, so dürfen wir auch aus der Verschiedenheit der Wirkungen der Materie auf ihre wesentliche und ursprüngliche Verschiedenheit nach ihren Grundkräften, und in dieser Rücksicht auf eine eigenthümliche Ungleichartigkeit der Materie schließen, wobey wir gern gestehen wollen, daß wir von dieser Ursach an sich nichts weiter wissen, und nur ihre Wirkung kennen. Obgleich die Zahl dieser Grundkräfte gering ist, so kann doch die Mannigfaltigkeit der Verbindungen der in ihrer Grundkraft wesentlich verschiedenen Materien in unzähligen Verhältnissen, die außerordentliche Mannigfaltigkeit der Wirkungen und Eigenschaften der verschiedenen Körper in der Welt hervorbringen.

§. 46. Die Masse eines Körpers ist also nur dann gleichartig, wenn alle durch physische Theilung aus demselben erhaltene Theile ihrer Natur nach dem Ganzen, von dem sie herrühren, und unter einander selbst, ähnlich, und nur an Größe davon verschieden sind; ungleichartig hingegen, wenn die Theile weder dem Ganzen, wovon sie genommen sind, noch sich selbst, in ihren Eigenschaften oder in ihrer Natur ähnlich sind. Körper von ungleichartiger Masse sind diesem Begriffe nach eigentlich als eine Anzahl mehrerer mit einander vermengter

Körper anzusehen, wovon jedes ungleichartige Theilchen als ein für sich bestehendes Ganzes angesehen werden sollte.

Beyspiele von Körpern, deren Masse gleichartig ist, geben reines Wasser, reine Metalle; deren Masse ungleichartig ist, Granit, Porphyr, u. d. gl.

§. 47. Aber auch solche Körper, deren Masse sich durchaus gleichartig den Sinnen zeigt, können demohngeachtet aus ungleichartigen Stoffen zusammengesetzt seyn. Die Chemie zeigt die Mittel, diese Zusammensetzung aufzuheben, die zu einer dem Ansehen nach gleichartigen Masse verbundenen Stoffe zu scheiden und abzusondern, und sie unterstützt in dieser Absicht die Naturlehre auf eine vorzügliche Weise, um die Wirkungen eines solchen Körpers gehörig zu beurtheilen.

§. 48. Wir müssen solchergestalt die chemische Theilung von der physischen, von der in dem Vorhergehenden geredet wurde, wohl unterscheiden. Die letztere liefert uns bey den Körpern, deren Masse sich durchaus gleichartig ist, lauter Theile, die dem Ganzen, wovon sie herrühren, so wie unter einander selbst, in ihrer Natur ähnlich, und nur in der Größe von jenem verschieden sind. Man nennt sie **gleichartige Theile** (partes similares), auch **Grundmassen, Theilganze, ganze Theile, Ergänzungstheile** (partes integrantes). Durch die chemische Theilung aber erhalten wir solche Theile, die weder dem Ganzen, wovon sie genommen sind, noch sich selbst unter einander in ihrer Natur ähnlich sind, die aber in gehöriger Verbindung zusammen das Ganze ausmachen. Solche Theile eines Körpers heißen **ungleichartige** (partes dissimilares),

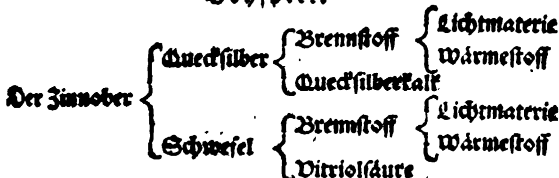
auch

auch Bestandtheile oder Grundstoffe (partes constitutivae, constituentes).

Beyspiele geben: am Zinnober das Quecksilber und der Schwefel; am Spießglase der Spießglaskönig und der Schwefel; an den Metallen die Kalke derselben und brennbares Wesen; an den Oelen die Säure, das Wasser und brennbares Wesen; an dem Glase feuerbeständiges Laugensalz und Kieselerde; an dem Küchensalze feuerbeständiges mineralisches Laugensalz und Küchensalzsäure; an der reinen Luft das Wasser und der Wärmestoff.

§. 49. Die Bestandtheile (§. 48.), welche man durch die Zerlegung der zusammengesetzten Körper erhält, sind gemeiniglich nicht so einfach, daß sie weiter keine ungleichartigen Theile hätten. Wenn sie noch gemischt oder zusammengesetzt sind, so nennt man sie die nähern Bestandtheile (partes constitutivae proximae, principia proxima), und ihre weitern ungleichartigen Theile heißen die entferntern Bestandtheile (partes constitutivae remotae, principia remota). Solche Grundstoffe der Körper, welche nicht weiter aus ungleichartigen Theilen bestehen, werden Uranfänge, Urstoffe, Elemente (principia prima, primitiva, elementa) genannt.

Beyspiel:



Quecksilber und Schwefel sind die nähern Bestandtheile des Zinnobers; und Lichtmaterie, Wärmestoff, Quecksilberkalk und Vitriolsäure seine entferntesten Bestandtheile.

§. 50. Sehr viele Stoffe sind von der Art, daß alle Bemühungen der Kunst nicht zureichen, sie weiter in andere ungleichartige Bestandtheile zu zerlegen. Einige davon kann man wol als wahre Elemente gelten lassen; aber gewiß nicht alle, welche die Kunst nicht weiter zerlegen kann. Sind wir denn deswegen berechtiget, sie für Uranfänge zu halten? Oder können wir nicht eben so gut daraus folgern, daß die Kunst ihre Gränzen hat? Die Naturforscher haben bis jetzt über die Anzahl der Elemente, woraus die Körper der Erde zusammengesetzt sind, sehr verschiedene Meinungen gehabt. Es heißt aber der Natur Gewalt anthun, und man verfällt in Spitzfindigkeiten, wenn man die mannigfaltige Zusammensetzung der Körper nur aus der Verbindung einiger sehr wenigen Elemente ableiten will.

Peripatetische Elemente: Feuer, Luft, Erde, Wasser. Alchemistische oder Paracelsische: Mercurius, Phlegma, Schwefel, Salz, Erde. Bechersche: Wasser, glasachtige Erde (terra prima Becheri), entzündliche Erde (terra secunda Becheri), Mercurialerde (terra tertia Becheri).

Als chemisch einfache Stoffe, die wir nicht weiter in andere ungleichartige Theile zerlegen können, sehe ich folgende an: 1) Wärmestoff, 2) Lichtmaterie (?), 3) magnetische Materie, 4) Wasser, 5) Stoff der Luftsäure, 6) Vitriolsäure, 7) Kochsalzsäure, 8) Flußspathsäure, 9) Boraxsäure, 10) Phosphorsäure, 11) Kieselerde, 12) Kalkerde, 13) Bittersalzerde, 14) Thonerde, 15) Schwererde, 16) Zirkonerde, 17) Diamantspatherde, 18) Australerde, 19) Gewächsalkali, 20) Mineralalkali, 21) Goldkalk, 22) Platinakalk, 23) Silberkalk, 24) Quecksilberkalk, 25) Bleykalk, 26) Kupferkalk, 27) Eisenkalk, 28) Zinnkalk, 29) Zinkkalk, 30) Wismuthkalk, 31) Spießglaskalk, 32) Nickelkalk, 33) Koboltkalk, 34) Arseniksäure, 35) Braunsteinkalk, 36) Molybdänsäure, 37) Wolframkalk, und 38) Urankalk.

Die Salpetersäure ist wahrscheinlich, die Essigsäure, Bernsteinsäure, Benzoesäure, das flüchtige Alkali und die electrische Materie gewiß zusammengesetzt.

Nach Herrn Lavoisiers System müßten wir folgende einfache Stoffe annehmen: 1) Wärmestoff (calorique), 2) Lichtmaterie (lumière), [3) magnetische Materie,] 4) Wasserstoff (hydrogène), 5) Sauerstoff (oxygène), 6) Stickstoff (azote), 7) Stoff der Luftsäure (carbone), 8) Schwefel (souffre), 9) Stoff der Kochsalzsäure (radical muriatique), 10) Stoff der Flußspathsäure (radic. fluorique), 11) Stoff der Boraxsäure (radic. boracique), 12) Phosphor, 13) Kieselerde, 14) Kalkerde, 15) Bittererde, 16) Thonerde (alumine), 17) Schwererde, 18) Zirkonerde, 19) Diamantspatherde, 20) Australerde, 21) Gewächsalkali (potasse), 22) Mineralalkali, (sode), 23) Gold, 24) Platina, 25) Silber, 26) Quecksilber, 27) Bley, 28) Kupfer, 29) Eisen, 30) Zinn, 31) Zink, 32) Wismuth, 33) Spiesglas, 34) Nickel, 35) Kobolt, 36) Arsenik, 37) Braunstein (manganese), 38) Molybdän, 39) Wolfram (tungstene), 40) Uranium.

§. 51. Aus dem bisher Vorgetragenen erhellet, daß man **Atome** (§. 39.) von **Elementen** (§. 49.) wohl zu unterscheiden habe. Diese können immerhin aus gleichartigen Theilen zusammengesetzt seyn; bey jenen hingegen sollen weder gleichartige noch ungleichartige Theile stattfinden. Wenn die Theilung der Körper bis zu ihrer letzten Gränze fortgeführt werden könnte, so müßte sie freylich auch wol die Elemente der zusammengesetzten Körper erreichen. Da aber die Erfahrung lehrt, daß wir durch die feinste Zertheilung nie eine Zerlegung eines gemischten Körpers bewirken, so folgt auch, daß unsere physische Theilung nie die Atome erreicht.

* * *

Wir haben bisher **Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Theilbarkeit** und **Porosität** als allgemeine Eigenschaften der Materie der Körperwelt betrachtet. Noch ist uns eine andere allgemeine Eigenschaft der Materie übrig, nemlich **Beweglichkeit**, zu der wir jetzt übergehen.

Zweyter Abschnitt.

Reine Bewegungslehre.

§. 52.

Jeder Körper in der Welt muß einen Raum irgendwo in derselben einnehmen. Denkt man sich von einem gewissen Körper den ganzen Weltraum in Gedanken weg, so ist der Theil dieses absoluten Raums, den er einnimmt, der absolute Ort des Körpers (locus absolutus); sieht man aber dabey zugleich auf andere Körper, welche eine bestimmte Lage gegen ihn haben, so nennt man es den relativen Ort, oder seine Lage (locus relativus, situs). Da aber der absolute Raum selbst keine Realität ist, sondern nur subjective Gründe hat; da ferner keine Ortsbestimmung darin möglich ist, so können wir auch nur den relativen Ort der Körper angeben.

§. 53. Die stetige Veränderung des Orts heißt Bewegung (motus). Diese, ohne Beziehung auf andere Körper, oder die Veränderung des absoluten Orts (§. 52.), heißt absolute Bewegung (motus absolutus); die Veränderung des relativen Orts, oder der Lage gegen andere Körper, heißt relative Bewegung (motus relativus).

§. 54. Beybehaltung des Ortes ist Ruhe eines Körpers (quies), die man auch zwiefach, als absolute (quies absoluta) und als relative Ruhe (quies relativa) betrachtet. Beide unterscheiden sich wie absolute und relative Bewegungen (§. 53.).

§. 55. Da aber bey der absoluten Bewegung (§. 53.) und bey der absoluten Ruhe (§. 54.) nur

der

der absolute Ort des Körpers in Betracht kömmt; hierzu aber kein anderer Körper erfordert wird, als der, welcher den Ort erfüllt; im absoluten Raume aber keine Stelle, folglich keine Ortsveränderung oder keine Beharrung in dem Orte bestimmt werden kann; so kann auch schlechterdings keine absolute Bewegung und keine absolute Ruhe bestimmt werden. Wir können daher auch nur die relative Bewegung und Ruhe der Körper in der Natur bemerken.

§. 56. Da es keinen Körper in der Natur giebt, welcher der Bewegung unfähig wäre, so muß die **Beweglichkeit** (mobilitas), oder die Fähigkeit der Körper, ihren Ort zu verändern, für eine allgemeine Eigenschaft angesehen werden. Mit Recht können wir daher auch Materie für das Bewegliche im Raume definiren; so wie wir oben (§. 32.) Materie für das Undurchdringliche im Raume erklärten.

§. 57. Wir betrachten nun hier die Lehre von der Bewegung der Materie, in so fern sie ein reines Quantum ohne inhärirende Kräfte ist; und suchen die Gesetze auf, die eine solche Materie bey der Bewegung befolgt, um so die einfachsten Fälle zu erhalten, die uns in der Folge bey den Phänomenen der mit gewissen Kräften begabten Materie zur Erklärung dienen können. Ich nenne diese Lehre die **reine Bewegungslehre**, indem dabey die Materie bloß als **beweglich** zum Grunde gelegt wird; ohne daß die in der Natur damit verbundenen Kräfte darin als existirend gedacht werden.

Wir haben es also hier mit der todten Materie zu thun, die nicht durch Gravitation, Cohäsion und Expansivkraft afficirt wird.

§. 58.

§. 58. Die relative Bewegung eines Körpers ist in Rücksicht auf die Veränderung der Lage anderer Körper, entweder eine eigene (motus proprius), oder eine gemeinschaftliche (motus communis). Bey jener verändert ein einziger Körper gegen alle übrigen seine Lage; bey dieser bewegen sich ein oder mehrere andere Körper zugleich mit, verändern aber ihre Lage gegen jenen nicht, oder die bewegten Körper bleiben in relativer Ruhe (§. 54.) gegen einander. Man muß hierbey nicht absolute und gemeinschaftliche Bewegung mit einander verwechseln.

§. 59. Da wir die Bewegung überhaupt nur aus der veränderten Lage der Körper gegen einander beurtheilen, mehrere Körper aber gegen einander in ihrer Lage beharren, oder in relativer Ruhe seyn, und doch eine gemeinschaftliche Bewegung haben können; so sieht man leicht ein, daß man die Bewegung nicht wahrnehmen kann, wenn wir bloß auf die Lage derjenigen Körper gegen einander Rücksicht nehmen, die eine gemeinschaftliche Bewegung haben. Aber bey Wahrnehmungen der veränderten Lagen der Körper gegen einander muß auch bestimmt werden, welcher Körper in Ruhe geblieben und welcher wirklich bewegt worden ist. Dies erhellet nicht immer so geradezu, und es können daher ebenfalls wieder leicht Täuschungen entstehen.

Von der wirklichen (motus realis) und scheinbaren Bewegung (motus apparens).

§. 60. Wenn ein Körper (oder auch überhaupt ein Theil eines Körpers) seinen relativen Ort verändert, so muß ein zureichender Grund vorhanden seyn, warum er es thut. Diese Ursach, welche Bewegung hervorbringt, oder hemmt, belegt man über-

überhaupt mit dem Namen einer **Kraft**, und den Erfolg von dieser Kraft nennt man ihre **Wirkung**.

§. 61. Ein jeder Körper, der in Bewegung gesetzt worden ist, muß nothwendig in seiner Bewegung beharren, und nicht von selbst wieder zur Ruhe kommen. Dies folgt ganz klar aus dem Satze des zureichenden Grundes; eben so als wie die Beharrlichkeit in seiner Ruhe. Ohne zureichenden Grund kann ein Körper weder aus der Ruhe in Bewegung, noch aus der Bewegung wieder von selbst in Ruhe gesetzt werden. Diese Fähigkeit der Körper, in ihrem Zustande, der Ruhe oder der Bewegung, zu beharren, nennt man die **Trägheit** (inertia) der Körper. Sie ist also die Anwendung des Satzes vom zureichenden Grunde auf Ruhe und Bewegung der Körper; oder sie ist die Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung. Sie ist keineswegs als eine besondere Kraft der Körper oder der Materie anzusehen, und daher ist der Keplersche Ausdruck **Trägheitskraft, Kraft der Trägheit** mit Recht zu tadeln. Denn daß ein Körper, der in Ruhe ist, in Ruhe, und der in Bewegung ist, in Bewegung bleibt, und im letztern Falle weder seine Richtung, noch seine Geschwindigkeit von selbst ändert, das setzt keine eigene Kraft voraus. Um seinen Zustand zu ändern, dazu ist Kraft erforderlich, nicht aber um in seinem Zustande zu bleiben. Eine Neigung oder ein inneres Vermögen der Körper zur Ruhe würde mit der Einrichtung unserer Welt nicht bestehen können.

§. 62. Das erste und allgemeinste Gesetz der Bewegung heißt diesemnach: **Ein jeder Körper,**

er

er sey in Ruhe oder in Bewegung, verbleibet immerfort in diesem Zustande gleichförmig, wenn er nicht durch eine Kraft aus demselben gebracht wird. Die Erfahrung kann dies Gesetz nur unvollkommen auf der Erde bestätigen.

Gleichförmig geht hier auf Richtung und Geschwindigkeit der Bewegung.

Erläuterungen durch Beyspiele an den Himmelskörpern, an einem segelnden Schiffe, am Schlittschuhlaufen, u. d. gl. m.

§. 63. Wenn ein Körper, der durch eine Kraft in Bewegung gesetzt wird, auf einen andern ruhenden trifft, so muß er vermöge seiner Trägheit sich weiter fortzubewegen streben. Dies kann er aber nicht, ohne in den Ort des andern einzudringen. Da aber beide undurchdringlich sind, so können sie nicht zugleich einerley Ort einnehmen. Liegt nun der andere ruhende frey, so wird er sich natürlicherweise auch in Bewegung setzen, und fortbewegen. Denn nun ist eine Ursach da, warum er seinen Zustand ändert, und den der Ruhe mit Bewegung vertauscht. Diese Wirkung des erstern auf den andern nennt man die **Mittheilung der Bewegung**, die entweder so geschiehet, daß der bewegende nach der Mittheilung der Bewegung in den bewegten noch immerfort wirkt, oder nicht. Im erstern Fall nennt man sie einen **Druck** (pressio); im letztern einen **Stoß** (percussio).

§. 64. Wenn ein Körper aus der Ruhe in Bewegung gesetzt werden soll, so erfordert er dazu die Anwendung einer Ursach; eben so auch, wenn er in Bewegung ist, und aus dieser in Ruhe versetzt werden soll. Dies folgt aus dem Begriff der Trägheit (§. 61.).

(§. 61.). Aber es fließt nicht daraus, daß der Körper, um aus Ruhe in Bewegung, oder aus Bewegung in Ruhe gebracht zu werden, Widerstand leiste. Widerstand setzt Kraft voraus; die bloß trägen Körper müßten also, um bey Ruhe oder Bewegung zu widerstehen, eine Kraft enthalten, was offenbar mit dem Begriff der Trägheit streitet. Diejenigen also, welche die Trägheit für bloße Anwendung des Satzes vom zureichenden Grunde auf Ruhe und Bewegung der Körper erklären, und doch dem bloß trägen Körper eine innere Neigung, der bewegenden Kraft zu widerstehen in Ruhe und Bewegung, zuschreiben, widersprechen sich selbst. Vermöge der Trägheit erfordern die Körper also zwar eine Ursach, um ihren Zustand der Ruhe oder Bewegung zu ändern; aber die Trägheit giebt ihnen keine Kraft des Widerstandes in Ruhe oder Bewegung.

§. 65. Wenn aber nun die Trägheit der Materie ihr nicht die Kraft ertheilt, zu widerstehen in Ruhe oder Bewegung; so folgt von selbst, daß die träge Materie die zur Aenderung ihres Zustandes der Ruhe oder Bewegung angewandte Kraft nicht vermindert, in so fern sie bloß träge ist, und ihr keine Kräfte inhäriren, die jener Kraft entgegenwirken, und sie dadurch freylich vermindern können. **Die bloß träge Masse des beweglichen Körpers ist also gar kein Hinderniß seiner Beweglichkeit; und diese steht in keinem Verhältniß mit der trägen Masse.** Die doppelt, dreyfach, u. s. w. so grosse Masse ist also eben so beweglich, als die einfache Masse.

Eben so wenig können auch die bloß trägen Körper vermöge ihrer Trägheit der bewegenden Kraft sogar entgegen-

gegenwirken, und die Versuche, welche Hamberger (*Elementa physices, Ien.* 1735. S. 12 f.) zum Beweise dieser Behauptung anführt, haben einen ganz andern Grund. Es sind folgende: 1) auf einem Teller scheint sich Sand gegen die Richtung des Stoßes zu bewegen; 2) eine Münze auf einem Kartenblatte, das auf einem Trinkglase liegt, fällt ins Glas, wenn das Kartenblatt fortgeschnellt wird; 3) ein Glas wird von einem starken Schlage an einen Tobakspfeifenstiel nicht umgeworfen, 4) wol aber in der entgegengesetzten Richtung des Schlages; 5) dünne Gläser werden durch einen starken Schlag auf einen Tobakspfeifenstiel, der auf ihren Rändern liegt, nicht zerbrochen; 6) dünne Menschenhaare dadurch nicht zerrissen, und 7) ein Waagebalken nicht aus der Ruhe gebracht. — Es folgt bloß aus diesen Versuchen, daß dabey zur Fortpflanzung der Bewegung Zeit erfordert wird.

§. 66. Jeder Körper, welcher sich bewegt, muß nothwendig an einander gränzende Theile des Raumes durchgehen, da er nicht zugleich in allen Theilen des Raumes auf einmal seyn kann. Die Länge dieses Raums, worin sich der Körper bewegt, heißt seine **Bahn**, oder sein **Weg**.

§. 67. Wenn sich bey einem Körper alle Theile durchaus auf einerley Weise bewegen, so braucht man auch nur die Bewegung eines einzigen Punctes zu betrachten; und jede Bewegung eines Körpers läßt sich also auch als Bewegung eines einzigen Punctes, folglich die Bahn des bewegten Körpers (§. 66.) als eine Linie ansehen. Die gerade Linie nach der Gegend, nach welcher ein bewegter Punct entweder seinen ganzen Weg hindurch, oder nur an einer einzelnen Stelle desselben, fortgeht, heißt die **Richtung** (directio) seiner Bewegung.

§. 68. Da ein bloß träger Punct, eben weil er träge ist, seinen Zustand nicht von selbst ändern kann, so muß auch bey seiner Bewegung die Bahn,

in

in der er vermöge seiner Trägheit beharrt, immer geradlinigt seyn, und seine Richtung muß unverändert seyn. Die Aenderung der Richtung ist Aenderung des Zustandes der Bewegung, worein der Körper nicht von selbst kommen kann; und so oft sie erfolgt, muß eine Kraft wirksam seyn, die sie hervorbringt. Aendert sich nun durch irgend eine Kraft die Richtung des bewegten Körpers alle Augenblicke und an jeder Stelle des Weges, so ist die Bewegung **krummlinigt** (motus curvilineus), und die Richtung wird an jeder Stelle der krummlinigten Bahn durch die Tangente der krummen Linie an dieser Stelle bestimmt.

§. 69. Der Raum, durch welchen sich die Körper bewegen, heißt auch das **Mittel**, das **Mittelding** (medium). Hier nehmen wir ein solches an, das der Bewegung kein Hinderniß entgegensetzt, und keinen Widerstand zu leisten vermag. Er heißt alsdann ein **freyes** oder **leeres Mittel** (medium vacuum, liberum); sonst aber ein **widerstandleistendes** (medium resistens).

§. 70. Jede Bewegung setzt nicht allein einen Raum voraus, worin sie geschiehet (§. 66.), sondern auch eine **Zeit**. Wenn (Fig. 3.) die Puncte A und B aus einander liegen, und die Linie AB die Bahn eines Punctes vorstellt, so kann der Punct, der sich von A nach B bewegt, nicht in A und B zugleich seyn. Der Augenblick, da er in A ist, ist verschieden von dem, da er in B ist. Dies findet statt, so klein auch die Entfernung des Punctes A von B ist. Die Dauer zwischen dem Uebergang des Punctes bey seiner stetigen Ortsveränderung aus einer

ner Stelle seiner Bahn in die andere ist die Zeit. Auch die kleinste Bewegung erfordert Zeit.

Hier geht uns der Streit der Metaphysiker, ob die Zeit ein ens reale oder eine relatio sey, wiederum gar nichts an. Wir betrachten sie als relatio, oder als ordo successivorum.

§. 71. Die gleichen Räume nun, die bey einer gleichförmigen Bewegung eines Körpers beschrieben werden, dienen, die Dauer irgend einer andern Bewegung, oder die Zeit zu messen.

So bedienen wir uns im gemeinen Leben der Bewegung der Sonne, sowol ihrer jährlichen, als ihrer täglichen, oder vielmehr der Bewegung der Erde um die Sonne und um ihre Achse, zum Maaß der Zeit, und ein Jahr ist die Zeit, worin die Erde ihren Umlaufskreis um die Sonne beschreibt; ein Tag ist die Zeit, worin die Erdkugel eine ganze Umdrehung um ihre Achse vollendet. — Eine Stunde ist die Zeit, worin der Zeiger einer richtig gehenden Minutenuhr den ganzen Raum eines Kreises durchläuft; eine Minute ist die Zeit, worin eben dieser den 60sten Theil des Kreises beschreibt, u. s. w.

Bey den Astronomen heißt wahre Sonnenzeit (tempus solare verum) die, welche vom wirklichen jährlichen Lauf der Sonne gemessen wird; mittlere Sonnenzeit (tempus sol. medium, aequale) die, bey welcher eine mittlere oder erdichtete Sonne angenommen wird, die ihre Bewegung im Kreise gleichförmig vollendet, und zwar in eben der Zeit, in der die wahre Sonne ihren ungleichförmigen Weg zurücklegt. — Der Sternentag (tempus primi mobilis), der durch die immer gleichförmige Umdrehung der Erde um ihre Achse gemessen wird, gewährt uns ein beständiges, immer gleichförmiges, Zeitmaaß.

§. 72. Die Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der Bewegung eines Körpers giebt den Begriff von der Geschwindigkeit (celeritas, velocitas) desselben. Er ist ein relativer Begriff, und Geschwindigkeit läßt sich nur angeben, wenn man eine gewisse Zeit oder einen gewissen Raum, worin die

Bewe-

Bewegung eines Körpers gleichförmig geschieht, zur Einheit annimmt, und damit eine andere Bewegung vergleicht. Sie ist also der Raum, welchen ein Körper in einer zur Einheit angenommenen Zeit durchläuft, oder die Zeit, welche ein Körper braucht, um einen zur Einheit angenommenen Raum zu durchlaufen.

§. 73. Wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft, oder wenn seine Geschwindigkeit gleich bleibt, so nennt man seine Bewegung eine **gleichförmige Bewegung** (motus aequabilis, uniformis). Ist aber die Geschwindigkeit des Körpers während der Bewegung nicht immer gleich, oder durchläuft er in gleichen Zeiten ungleiche Räume, so heißt die Bewegung eine **veränderte** oder **ungleichförmige** (motus variatus, inaequabilis). Dabey nehmen die in gleichen Zeiten durchlaufenen Räume entweder ab, oder sie nehmen zu. Im erstern Falle heißt die veränderte Bewegung eine **verminderte** (motus retardatus); im letztern eine **beschleunigte** (motus acceleratus). Beide können so seyn, daß die Geschwindigkeit in jedem gleich großen Zeittheile gleich stark oder ungleich stark wächst oder abnimmt, und daß also eine **gleichförmig beschleunigte** (motus uniformiter acceleratus), oder **gleichförmig verminderte** (motus uniformiter retardatus); oder daß eine **ungleichförmig beschleunigte** (motus inaequabiliter acceleratus), oder **ungleichförmig verminderte** (motus inaequabiliter retardatus) stattfindet.

§. 74. Aus der Vergleichung des Raumes und der Zeit bey der gleichförmigen Bewegung der Körper fließen dann folgende Sätze:

1) Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich wie die Räume, wenn die Zeiten gleich sind.

2) Die Geschwindigkeiten zweyer bewegten Körper verhalten sich verkehrt wie die Zeiten, wenn die Räume gleich sind.

3) Die Geschwindigkeiten zweyer Körper überhaupt verhalten sich wie die Producte der Räume in die verkehrt gesetzten Zeiten; oder wie die Quotienten der Räume durch die Zeiten.

Wenn wir zweyer gleichförmig bewegten Körper Geschwindigkeiten C, c, ihre zurückgelegten Räume S, $ſ$, und die dazu verwandten Zeiten T, t, nennen, so ist

nach 1), wenn $T = t$, $C : c = S : ſ$,

nach 2), wenn $S = ſ$, $C : c = t : T$.

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper an, dessen Geschwindigkeit K heißt, und dessen bey seiner Bewegung zurückgelegter Raum dem des erstern Körpers $= S$, und die dazu verwandte Zeit der des zweyten $= t$ sey, so ist

für den ersten und dritten, (weil $S = S$), $C : K = t : T$,

und für den dritten und zweyten, (weil $t = t$), $K : c = S : ſ$,

folglich für den ersten und zweyten $C : c = St : ſT = \frac{S}{T} : \frac{ſ}{t}$.

Es folgt hieraus weiter, daß zweyer bewegten Körper zurückgelegte Räume (S, $ſ$) im geraden Verhältniß der Zeiten (T, t) und der Geschwindigkeiten (C, c) sind, oder daß $S : ſ = CT : ct$ sey; ferner, daß die Zeiten im geraden Verhältniß der Räume und im umgekehrten der Geschwindigkeiten sind, oder daß $T : t = \frac{S}{C} : \frac{ſ}{c}$ sey.

§. 75. Aus dem Begriffe der Trägheit fließt, daß jeder in Bewegung begriffene, bloß träge, Körper in der einmal erhaltenen Geschwindigkeit gleichförmig beharren muß, so gut, wie in seiner Richtung (§. 68.). Aendert sich nun die Geschwindigkeit oder die Rich-

tung,

tung; so muß eine Ursach daseyn, die es bewirkt. Es folgt hieraus das zweyte allgemeine Gesetz der Bewegung: **Jede Geschwindigkeits- und Richtungsveränderung einer Bewegung ist der bewegenden Kraft proportional, und geschiehet nach der Richtung dieser Kraft.** Die Geschwindigkeit der Bewegung kann nemlich nur um soviel zunehmen, als die bewegende Kraft selbst mehr Geschwindigkeit hat, nicht um mehr; und die Veränderung der Richtung muß nach der Richtung der bewegenden Kraft geschehen, weil nur nach dieser, und nach keiner andern zu gehen, jetzt ein zureichender Grund vorhanden ist.

§. 76. Jede veränderte Bewegung (§. 73.) setzt also eine Ursach der veränderten Geschwindigkeit voraus, die im Augenblicke der Veränderung wirksam ist. Da nun jede veränderte Bewegung für jeden untheilbaren Augenblick, oder jeden unendlich kleinen Zeittheil, als gleichförmig angesehen werden kann, so können auch für diesen Augenblick Räume, Zeiten und Geschwindigkeiten durch die Gesetze der gleichförmigen Bewegung ausgedrückt werden. Oder man kann sich jede ungleichförmige Bewegung so vorstellen, als wenn sie in unendlich kleinen Zeiten gleichförmig wäre, und in jedem unendlich kleinen Zeittheile ein unendlich kleiner Theil des Raums mit der unveränderten Geschwindigkeit zurückgelegt würde, welche der bewegte Punct im Anfange dieses Zeittheilchens hatte. Wenn nun eine unveränderliche und stetige Kraft auf den trägen ruhenden Körper wirkt, und während seiner ganzen Bewegung zu wirken fortfährt, so muß er in eine gleichförmig beschleunigte Bewegung kommen (§. 73.). Die Geschwindigkeit

mit der er schon vermöge seiner Trägheit durch den ersten Impuls der Kraft fortgehen würde, muß durch die ununterbrochen fortdauernde Einwirkung der Kraft stetig zunehmen und wachsen, und die Zunahme dieser Geschwindigkeiten muß also in gleichen Zeiten gleich seyn. Hier wächst zwar nun in jedem noch so kleinen Zeittheilchen die Geschwindigkeit nach dem Gesetz der Stetigkeit, und die Geschwindigkeit ist in jedem folgenden Puncte schon größer, als im vorhergehenden; man kann aber annehmen, daß die Geschwindigkeit durch das ganze Zeittheilchen so groß bliebe, als sie im Anfang desselben war, und daß erst nach Endigung des Zeittheilchens der Zusatz der Geschwindigkeit urplötzlich hinzukäme, der eigentlich während des Zeittheilchens allmählig hinzukam. Diese am Ende des Zeittheilchens vom Anfang desselben an erlangte Geschwindigkeit kann man die **endliche Geschwindigkeit** (velocitas finalis) nennen.

§. 77. Die endlichen Geschwindigkeiten (§. 76.) müssen sich bey der gleichförmig beschleunigten Bewegung, wie die unendlich kleinen Augenblicke, oder, wie die Zeit vom Anfang der Bewegung an, verhalten, weil der bewegte Körper in einem jeden unendlich kleinen Augenblicke einen neuen Eindruck erhält, der sich mit den bereits empfangenen vereinigt.

Wenn wir die endliche Geschwindigkeit v und das Zeittheil t nennen, so ist $v = t$, und $v : V = t : T$.

§. 78. Man kann daher diese erlangten Grade der endlichen Geschwindigkeiten durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4, 5, u. s. w. vorstellen, weil sie wie die Zeittheile selbst wachsen.

§. 79.

§. 79. Wenn der Körper mit der Geschwindigkeit, die er durch die gleichförmig beschleunigte Bewegung in einem endlichen und bestimmten Augenblick erlangte, hernach gleichförmig fortgeht, so wird diese Geschwindigkeit in dem zweyten dem ersten ähnlichen Augenblicke doppelt so groß seyn, als die in einem und demselben Augenblick erhaltene zunehmende Geschwindigkeit. Der Raum wird sich also verhalten, wie die Zeit mit der Hälfte der endlichen Geschwindigkeit multiplicirt; und der gleichförmig beschleunigte Körper wird in einer gegebenen Zeit nur halb so weit gehen, als ihn in eben der Zeit seine zuletzt erhaltene Geschwindigkeit geführt haben würde.

Wenn der Raum f heißt, so wird $f = \frac{vt}{2}$, und $f : S = \frac{vt}{2} : \frac{VT}{2} = vt : VT$.

Wenn die Zeiten gleich sind, so verhalten sich die Räume der Bewegung, wie die Geschwindigkeiten (§. 74.). Im gegenwärtigen Falle aber sind die Zeittheile gleich, folglich werden sich auch die Räume, wie die Geschwindigkeiten verhalten. Weil aber nun eine gleichförmige Geschwindigkeit doppelt so groß ist, als eine zunehmende, wenn sie in einerley Augenblick erhalten werden, so wird auch der vermöge einer gleichförmigen Geschwindigkeit durchlaufene Raum doppelt so groß seyn, als der Raum, der in eben der Zeit durch die wachsende Geschwindigkeit zurückgelegt wird.

Diese Gesetze sucht man auch durch Hülfe eines rechtwinkligten Triangels zu beweisen. Es zeige (Fig. 4.) in dem rechtwinkligten Triangel AB die Zeit, und BC die in dieser Zeit erlangte endliche Geschwindigkeit an. Die Höhe BA sey in Theile getheilt, die wir als unendlich klein, und einander gleich annehmen, AD, DE, EF, u. s. f. Da BA die endliche und bestimmte Zeit ausdrückt, so wird jeder in dieser Höhe BA genommene Theil die unendlich kleinen Augenblicke vorstellen. Wenn wir nun aus den Theilungspuncten D, E, F, u. s. f. die Ordinaten Dd, Ee, Ff, u. s. f. ziehen, so wird jede Ordinate die in jedem unendlich kleinen Augen-

genblicke erhaltene Geschwindigkeit vorstellen; und so wie eine durch eine stetige Kraft zunehmende Geschwindigkeit gleichförmig wächst, so wächst auch jede Ordinate gleichförmig, nach eben der Progression, 0, 1, 2, 3, 4, u. s. f. Wenn Dd den im ersten Augenblick AD erhaltenen Grad der Geschwindigkeit ausdrückt, so wird Ee den Grad der Geschwindigkeit ausdrücken, der im zweyten Augenblicke DE erhalten worden. Weil aber Ee : Dd = AD : AE = 1 : 2, u. s. f., so werden sich also diese endlichen Geschwindigkeiten wie die Zeittheile verhalten (§. 77.), und diese endlichen Geschwindigkeiten Dd, Ee, Ff, u. s. f. durch die Reihe der natürlichen Zahlen 1, 2, 3, u. s. f. vorstellen lassen (§. 78.). Da alle Ordinaten Dd, Ee, Ff, u. s. f., die unendlich nahe sind, den Flächeninhalt des Triangels ABC vorstellen, so wird auch der Flächeninhalt desselben die Summe der in einer endlichen und bestimmten Zeit erhaltenen wachsenden Geschwindigkeit ausdrücken. Wenn nun die Geschwindigkeit, die am Ende der endlichen Zeit AB durch die Grundlinie BC des Triangels ABC ausgedrückt wird, nicht weiter zunähme, sondern nun der Körper in der zweyten, der erstern AB ähnlichen, Zeit damit gleichförmig fortginge, so würde die Geschwindigkeit dieses zweyten Augenblicks durch die Ordinaten eines Rechtecks BCKL von eben der Grundfläche und Höhe, als der Triangel ABC ist, vorgestellt werden. Da aber dieser Triangel nur die Hälfte des Rechtecks von eben der Grundfläche und Höhe ist, so ist auch die in einem endlichen und bestimmten Augenblick erlangte Geschwindigkeit, die sich gleichförmig bleibt, doppelt so groß, als eine in demselben Augenblick erlangte zunehmende Geschwindigkeit (§. 79).

§. 80. Es folgt hieraus ferner, daß die Räume, welche ein Körper bey dieser gleichförmig beschleunigten Bewegung verschiedene Augenblicke hinter einander zurücklegt, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, u. s. f. wachsen; oder er wird im zweyten Augenblick 3mal, im dritten 5mal u. s. w. so vielen Raum zurücklegen, als im ersten Augenblicke.

Der im zweyten Augenblicke DE (Fig. 4.) zurückgelegte Raum des Trapezii DdEe ist 3mal so groß, als das Dreyeck ADd, und der im dritten Augenblick EF beschriebene Raum des Trapezii EeFf ist 5mal so groß, als ADd, u. s. f.

Im ersten Augenblicke AD nemlich beschrieb der Körper durch die wachsende Geschwindigkeit den Raum ADd; die am Ende dieses Zeittheils erhaltene endliche Geschwindigkeit Dd würde den Körper in dem folgenden gleichgroßen Zeittheile DE durch einen noch einmal so großen Raum DdEx führen (§. 79.), oder der Körper würde vermöge seiner Trägheit gleichförmig fortgehen; aber die stetige Kraft wirkt während dieses zweyten Zeittheils auf ihn fort, und bringt ihm wiederum so viel neue Geschwindigkeit während dieses zweyten Zeittheils hinzu, als im ersten, so daß er auch noch außer dem Raum DdEx, den er vermöge seiner Trägheit allein durchlaufen würde, den Raum dxe durchlaufen muß. Er legt also in dem zweyten Augenblick einen 3mal so großen Raum zurück, als im ersten. Am Ende des zweyten Augenblicks wird der Körper die endliche Geschwindigkeit Ee haben, und durch seine Trägheit darin beharren. Er wird damit im dritten Zeittheile den Raum EeFo zurücklegen; aber während dieses dritten Augenblicks wirkt die stetige Kraft auf ihn fort, und bringt ihm einen Zusatz von Geschwindigkeit bey, so daß er noch außerdem durch den Raum eof = ADd geht, und also im dritten Augenblicke einen Raum beschreibt, der durch das Trapezium EeFf = 5mal ADd ausgedrückt wird, u. s. f.

§. 81. Es verhalten sich diesemnach die Räume, welche vom Anfang der gleichförmig beschleunigten Bewegung an zurückgelegt werden, wie die Quadrate der Zeiten vom Anfang der Bewegung an, oder wie die Quadrate der endlichen Geschwindigkeiten (§. 77.).

Es ist also $s = v^2 = t^2$, und $S : s = V^2 : v^2 = T^2 : t^2$.

Wenn nemlich der Raum im ersten Zeittheile = 1 gesetzt wird, so wird er bey dieser beschleunigten Bewegung im zweyten Zeittheile allein = 3, im dritten Zeittheile allein = 5, u. s. f. seyn (§. 80.); folglich wird er in den zwey ersten Zeittheilen zusammen 1 + 3 = 4, in den drey ersten Zeittheilen zusammen 1 + 3 + 5 = 9 ausmachen. 4 und 9 sind aber die Quadratzahlen von 2 und 3, oder von den Zeiten vom Anfang der Bewegung an.

Wenn der nach dem ersten Zeittheile AD (Fig. 4.) beschriebene Raum ADd = 1 ist, so wird der durch gleichförmig beschleunigte Bewegung nach zwey Zeittheilen AD + DE beschriebene Raum AEe = 4mal ADd, und

und der nach drey Zeittheilen AD + DE + EF zurückgelegte Raum AFf = 9mal ADd seyn, u. s. f.

§. 82. Die Kraft, welche die beschleunigte Bewegung der Masse hervorbringt, heißt, in so fern sie auf alle Theile der Masse zusammen gleichförmig wirkt, die **bewegende Kraft** (vis motrix), die **beschleunigende Kraft** (vis acceleratrix) hingegen, in so fern sie auf jeden einzelnen Theil der Masse wirkt. Jene ist also das Product der beschleunigenden Kraft in die Anzahl der Theile der Masse, die davon afficirt werden.

Wenn wir also die bewegende Kraft P, die beschleunigende Kraft f, und die Masse M nennen, so ist P = f . M, und P : p = fM : fm, und eben so ist auch $f = \frac{P}{M}$.

Ferner folgt hieraus, daß das Product der bewegenden Kraft in die Zeit gleich sey dem Producte der Masse in die Geschwindigkeit; oder PT = MV, und PT : pt = MV : mv; daß die bewegenden Kräfte durch die Quadrate der Zeiten multiplicirt sich verhalten wie die Massen durch die durchlaufenen Räume multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$; und daß die bewegenden Kräfte durch die Räume multiplicirt sich verhalten, wie die Massen multiplicirt durch die Quadrate der Geschwindigkeiten, oder PS = MV, und PS : ps = MV : mv.

Eben so ist auch ft = v, $ft^2 = s$, und $fs = v^2$.

§. 83. Das Maaß der zur Bewegung angewandten Kraft, oder die **Größe der Bewegung** (quantitas motus), kann, wie jede intensive Größe, nur aus ihrer Wirkung erwiesen werden. Da hier, wo wir die bewegten Körper als bloß träge denken, die Masse gar nicht in Anschlag kommt, indem sie die Beweglichkeit nicht vermehrt, noch vermindert (§. 65.), so kann auch bey der Größe der Bewegung bloß träger Körper nur die Geschwindigkeit allein das Maaß der Kraft bestimmen. Denn

wenn

wenn Trägheit Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung ist, so muß auch der Satz, daß die Trägheit der Masse proportional sey, ohne Sinn seyn, indem es so wenig Grade der Gleichgültigkeit, als der Ruhe geben kann.

§. 84. Wenn also die beschleunigende Kraft (§. 82.) in einen Theil der Masse des bewegten Körpers zu wirken aufhört, so wird dadurch zwar die bewegende Kraft, aber nicht die Beschleunigung der ganzen Masse vermindert werden; und die mit einer durch eine beschleunigende Kraft bewegten Masse verbundene, bloß träge, Materie wird der beschleunigenden Kraft der erstern kein Hinderniß entgegensetzen.

Gesetzt, es würde in einer Masse M ein Theil m derselben von der Wirkung der beschleunigenden Kraft f auf dieselbe befreyet, und bliebe noch mit den übrigen Theilen verbunden, so wird die jetzige bewegende Kraft $p = f\,(M - m) <$ als P. oder f . M seyn; aber es wird die beschleunigende Kraft dieser beiden mit einander verbundenen Massen oder $g = \frac{f.(M - m)}{M - m} = f$, folglich unverändert seyn.

Von diesem Satze werden wir in der Folge Anwendung zur Erklärung einer bis jetzt sehr problematisch gewesenen Naturbegebenheit machen.

§. 85. Hier, wo wir nur von den Kräften handeln, welche die bloß trägen Körper von außen her afficiren, kann die Größe dieser Kraft nur aus der Beschleunigung ermessen werden, die sie ertheilt, weil die Masse, in so fern sie träge ist, kein Hinderniß der Beweglichkeit ist. Die Kräfte sind also gleich, wenn sie gleiche Beschleunigung; ungleich, wenn sie ungleiche Beschleunigung haben. Die Masse kömmt bey der Schätzung der Kraft eines bewegten Körpers

pers nur in so fern in Betracht, als diese Masse die Zahl der Theile dieses Körpers anzeigt, deren jeder durch die beschleunigende Kraft afficirt wird. Den in Bewegung befindlichen Körpern selbst, wenn sie bloß träge sind, können wir keine bewegende Kraft zuschreiben, weil Trägheit keine Kraft ist. Kraft ist eigentlich nur das, was Widerstand zu leisten vermag; die Gleichgültigkeit der Körper gegen Ruhe und Bewegung kann ihnen aber keine Kraft zum Widerstande in Ruhe oder in Bewegung ertheilen. Man sollte also eigentlich sagen: es gehört eine Ursach dazu, um bloß träge Körper aus Ruhe in Bewegung, oder aus Bewegung in Ruhe zu versetzen, weil man beym Worte, Kraft, sich gewöhnlich eine Anstrengung, und dadurch eine Verminderung der Kraft denkt. Kraft wird nur da verwendet, wo Widerstand ist.

§. 86. Eine oder mehrere Kräfte, die nur nach einerley Richtung wirken, können den Körper auch nur nach der geraden Linie bewegen. Die Bewegung, wo ein Körper durch eine Kraft nur nach einerley Richtung getrieben wird, heißt eine einfache Bewegung (motus simplex), und man sieht leicht ein, daß jede einfache Bewegung stets geradlinigt seyn müsse.

§. 87. Drittes Gesetz der Bewegung: Zwey gleiche Kräfte (§. 85.), die zu gleicher Zeit auf einen Körper nach entgegengesetzten Richtungen wirken, heben sich einander auf, und verursachen keine Bewegung.

Bestätigung durch Versuche mit Segners hydraulischer Maschine, die in der Folge weiter angezeigt werden wird. Bringt man je zwey Oeffnungen der vier Seiten-

tenarme dieser Maschine gegen einander über, so wird sie durch das ausströmende Wasser nicht bewegt.

§. 88. Viertes Gesetz: **Wenn zwey ungleiche Kräfte zu gleicher Zeit nach entgegengesetzter Richtung auf einen Körper wirken, so erfolgt die Bewegung nach der Richtung der größern Kraft, und zwar mit der Differenz beider Kräfte.** Hier ist die Bewegung ebenfalls nur einfach; denn sie erfolgt nur nach der Richtung einer einzigen Kraft.

Bestätigung durch Versuche mit der vorigen Maschine; an der die Oeffnungen von drey Seitenarmen nach einerley, die Oeffnung des vierten Armes nach der entgegengesetzten Richtung gestellt ist.

§. 89. Wenn die Richtung der bewegenden Kräfte einander nicht entgegengesetzt ist, so müssen sie einen Winkel einschließen. Da nun ein Körper, der von beiden zugleich getrieben wird, weder nach beiden zugleich gehen, noch ruhen kann; so muß er sich nach einer dritten Richtung bewegen. Man sieht leicht ein, daß dies die Diagonallinie des Parallelogramms seyn werde, von welchem beide Richtungen einen Winkel einschließen, und daß er jene in eben der Zeit durchlaufen würde, welche er gebraucht hätte, wenn er durch jede einzelne Kraft die einzelnen Linien durchlaufen wäre, die den Winkel einschließen.

Gesetzt, ein beweglicher Punct werde durch eine Kraft AB (Fig. 5.) nach der Direction AB, und durch eine andere Kraft AC, die mit der vorigen einen Winkel einschließt, nach der Richtung AC zu gleicher Zeit sich zu bewegen getrieben, so kann er nicht nach AB und AC zu gleicher Zeit gehen. Er kann aber auch nicht ruhen; denn dies könnte er nur, wenn AB und AC sich einander directe entgegengesetzt und gleich wären. Es bleibt kein anderer Weg für ihn, als der mittlere übrig, und dies ist die Diagonallinie AD des Parallelogramms, das auf die Linien AB und AC aufgesetzt werden kann.

Gesetzt,

Gesetzt, die beiden Kräfte wirkten nicht zu gleicher Zeit, sondern nach einander, so wird der bewegliche Punct erst nach B, und von da durch die Kraft AC = BC nach D geführt werden, und er wird also eben da seyn, wo er auf dem Wege durch die Diagonallinie angelangt seyn würde. Da hier die Bewegungen gleichförmig angenommen werden, so wird er, falls die Kräfte einzeln nach einander wirken, in der Hälfte der Zeit durch Ab = ½ AB, und hernach durch bd = Ac = ½ AC geführt werden, und in d, auf der Mitte der Diagonale AD, anlangen. Kurz, er wird am Ende jedes Zeittheilchens, wenn die Kräfte ihn einzeln führen, auf irgend einen Punct der Diagonale, und also am Ende der ganzen Zeit die gerade Linie AD beschrieben haben.

§. 90. Die Bewegung des Körpers heißt in diesem Falle eine **zusammengesetzte Bewegung** (motus compositus), und man versteht unter derselben überhaupt eine jede Bewegung eines Körpers, der von zwey oder mehrern Kräften zugleich getrieben wird, deren Richtungen nicht in einerley gerade Linien fallen. Die beiden Kräfte, deren Richtung einen Winkel einschließen, heißen die **äußern Kräfte**; die Bewegung durch die Diagonallinie sieht man als durch eine **mittlere Kraft** hervorgebracht an.

§. 91. Das fünfte Gesetz der Bewegung heißt diesemnach: **Wenn ein Körper von zwey Kräften zugleich, nach der Lage der Seiten eines Parallelogramms getrieben wird, so durchläuft er die Diagonallinie desselben in eben der Zeit, worin er die einzelnen Seiten durchlaufen wäre, welche die Richtungen der beiden Kräfte vorstellen.**

Bestätigung durch Versuche mit der Eberhardschen Diagonalmaschine: Anwendung auf ein an beiden Ufern eines Flusses gezogenes Schiff; Anwendung auf den Fall eines Körpers von dem Mastbaum eines Schiffes, das in vollem Segeln ist; u. d. gl. Anwendung zur Widerlegung eines Einwurfs gegen die Umdrehung und Bewegung der Erde.

§. 92.

§. 92. Wenn die Länge der beiden Seitenlinien AB, AC (Fig. 5.) die Grösse der Kräfte, die zu gleicher Zeit auf den beweglichen Punct wirken, oder ihre Geschwindigkeit, und die Neigung derselben gegen einander ihre Richtung ausdrückt, so drückt die Diagonale AD des Parallelogramms, das auf diese Linien errichtet ist, die Grösse oder die Geschwindigkeit der Kraft aus, welche aus den sie zusammensetzenden, und aus ihrer gleichzeitigen Wirkung entspringt.

§. 93. Da die Diagonale eines Parallelogramms nie so groß seyn kann, als die Summe der beiden Seiten, so muß auch die durch diese Zusammensetzung entstandene mittlere Kraft (§. 89.) oder Geschwindigkeit kleiner seyn, als die Kraft oder Geschwindigkeit, welche aus den beiden äußern Kräften entstanden wäre, wenn sie unmittelbar hinter einander gewirkt hätten. Der Raum, welchen der Körper bey dieser Art der zusammengesetzten Bewegung durchläuft, ist also nie so groß, als die Summe der beiden Räume der einzelnen Bewegung gewesen seyn würde.

§. 94. Der Raum ist desto grösser, je kleiner der Winkel wird, welchen die Richtungen der einzelnen Bewegungen einschließen, oder je mehr sie conspiriren; desto kleiner, je grösser dieser Winkel wird, oder je mehr sie divergiren.

Je kleiner nemlich der Winkel CAB (Fig. 5.) der Seitenkräfte wird, desto weniger sind sich diese entgegengesetzt, und desto mehr wird also auch ihre Wirkung conspiriren; und je grösser der Winkel wird, desto mehr werden die Seitenkräfte sich einander entgegengesetzt, desto grösser wird der Verlust derselben seyn.

Wenn wir GF und GH (Fig. 6.) eben so groß nehmen, als vorher AB und AC (Fig. 5.), aber sie unter

ter einem kleinern Winkel zusammen auf den beweglichen Punct wirken, so wird die Diagonale GD grösser werden, als vorher AD (Fig. 5.) war; und wenn eben diese Kräfte HG und HD = GE (Fig. 6.) unter einem grössern Winkel zusammen auf den beweglichen Punct wirken, so wird die Diagonale HF, die er durchläuft, kleiner werden, als AD (Fig. 5.).

§. 95. Jede einfache Bewegung läßt sich ansehen, als ob sie aus zwey andern Kräften zusammengesetzt wäre, deren Richtungen einen Winkel einschliessen, und von deren gemeinschaftlichen Wirkungen die durch die einfache Kraft hervorgebrachte Richtung die mittlere wäre; da es erlaubt ist, jede gerade Linie als die Diagonale eines Parallelogramms sich vorzustellen. Es läßt sich also eine jede Kraft in zwey andere gleichwirkende zerlegen.

§. 96. Wenn ein Körper durch drey oder mehrere Kräfte getrieben wird, die nach verschiedenen, nicht entgegengesetzten, Richtungen auf ihn wirken, so kann man den Weg finden, den der Körper bey seiner Bewegung nimmt, wenn man erst zwey davon zusammensetzt, die daraus entstandene zusammengesetzte Bewegung als eine einfache betrachtet, und mit der dritten wieder zusammensetzt, u. s. w.

Gesetzt, ein beweglicher Punct wird (Fig. 7.) durch die Kräfte AB, AC, AD und AE zu gleicher Zeit sollicitirt, so kann man erst AB und AC zusammensetzen, und die gefundene mittlere Kraft Af als eine gleichwirkende einfache ansehen, diese wieder mit der aus AD und AE zusammengesetzten Ag zusammensetzen, und aus diesen beiden Kräften Af und Ag die Richtung und Größe der Kraft bestimmen, welche alle vorige einfache Kräfte zusammengenommen hervorbrachten, indem man die Diagonale AK des Parallelogramms AfgK zieht, wovon die beiden gefundenen Kräfte Af und Ag die Seitenlinien ausmachen.

§. 97. Ein Körper bewegt sich gegen einen andern gerade, wenn seine Directionslinie auf der

Fläche

Fläche des Körpers senkrecht steht; wenn hingegen diese mit der Fläche einen schiefen Winkel macht, so heißt man die Bewegung eine schiefe. Der Stoß an eine Kugel geht also gerade (directe), wenn die Directionslinie desselben verlängert durch den Mittelpunct der Kugel geht; in den übrigen Fällen geht er schief (oblique).

§. 98. Die Kraft, welche in einer schiefen Direction auf einen zu bewegenden Körper wirkt, kann, wie eine jede geradlinigte Richtung überhaupt (§. 95.), als eine aus zwey andern zusammengesetzte Bewegung betrachtet werden, wovon eine auf der Fläche des zu bewegenden Körpers senkrecht steht, die andere aber mit der Fläche parallel fortläuft.

Wenn eine Kraft in der schiefen Direction CD (Fig. 8.) auf die Fläche AB wirkt, so wird sie nicht mit der Intensität darauf wirken, als wenn sie senkrecht auf AB stünde. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 95.) besteht CD aus der Kraft CE und CA = ED, CE geht parallel mit AB, hat also darauf keine Wirkung, folglich wirkt nur die Kraft ED, nach der Direction ED, und die Größe dieses wirkenden Theils verhält sich zur unverminderten Kraft, wie ED : CD. Je kleiner der Winkel in D wird, welchen CD mit AB macht, desto kleiner wird die Größe der Wirkung von CD werden; denn desto kleiner wird ED, und umgekehrt.

§. 99. Jede Wirkung geschiehet nur nach der Perpendiculärlinie des zu bewegenden Körpers, und bey einer schiefen Richtung wirkt nur ein Theil der Kraft.

Anwendung hievon auf das Billard, auf die Bewegung eines Schiffes, dem der Wind nicht ganz günstig ist, auf die Bewegung der Flügel einer Windmühle, die schief gegen den Wind stehen.

Es sey (Fig. 9.) eine Kugel AFG im Durchschnitt durch ihren Mittelpunct c vorgestellt. Sie erlebe auf ihrer Peripherie in A einen Stoß nach der Direction AB, so daß

daß AB auch die Größe und Geschwindigkeit der Kraft ausdrücke. Die Kugel wird sich keinesweges in dieser Richtung bewegen, indem AB schief auf der Fläche derselben steht, wie alle Linien, welche nicht nach dem Mittelpunct der Kugel zugerichtet sind. Nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte (§. 96.) können wir AB zerlegen in AM und AD; die letztere läuft nach der Richtung der Tangente von A, tAD, sie kann also die Kugel nicht in Bewegung setzen und nicht darauf wirken, welches nur von AM geschehen kann, die auf der Kugel senkrecht ist, weil sie nach c, dem Mittelpunct der Kugel, zugerichtet ist. Die Bewegung der Kugel geschiehet also nach M, und immer nach einer Richtung, die auf dem Puncte des Eindrucks der Kraft senkrecht ist. Die Kraft AB leidet bey dieser schiefen Richtung ebenfalls einen Verlust, d. h. ihre Wirkung ist nicht so groß, als bey der senkrechten, und die Größe, mit der sie wirkt, verhält sich zu ihrer unverminderten Größe wie AM : AB. Sie wirkt nur mit dem Theile der Kraft, der in Senkrechtheit enthalten ist.

§. 100. Nach den bisher betrachteten Arten der Bewegung, sowol der einfachen, als der zusammengesetzten, muß der bewegte Punct einen Weg zurücklegen, der eine gerade Linie ist, und diese geradlinigte Bewegung (motus rectilineus) vermöge seiner Trägheit so lange behalten, bis eine andere Ursach ihn daraus versetzt. Wenn also ein Körper eine krummlinigte Bewegung (motus curvilineus) hat, so muß wenigstens noch eine Kraft wirksam seyn, die ihn von seiner geradlinigten Bahn ablenkt, und diese Kraft muß stets und in jedem Augenblicke wirksam seyn, sonst würde der Körper nach der Tangente seiner Bahn geradlinigt fortgehen.

§. 101. Jede krummlinigte Bewegung ist also eine zusammengesetzte Bewegung, und sie erfolgt, wenn durch eine stetige Kraft ein nach geradlinigter Bahn durch eine andere Kraft sich fortbewegender Körper nach einem unveränderlichen Puncte abgelenkt

lenkt wird, der außerhalb der Richtung seiner Bewegung liegt. Da die Richtungen beider Kräfte einen Winkel einschließen, so kann man sich vorstellen, daß die Bewegung nach der Diagonallinie eines Parallelogramms erfolge, wovon beide Richtungen den Winkel einschließen; daß diese Diagonallinie aber unendlich klein sey, und daß dieserhalb der Körper in jedem Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonallinie beschreiben müsse, indem die Kraft, die ihn nach einem Puncte treibt, stetig seyn soll, folglich ihn in allen Augenblicken von der geradlinigten Bahn ablenkt, die er sich selbst überlassen fortgehen würde.

Beyspiel an einer Schleuder.

Es befinde sich ein Körper in A (Fig. 10), und werde durch irgend eine Kraft in der Richtung Aa getrieben, so daß Aa auch die Geschwindigkeit, oder den Raum in der Zeiteinheit angiebt; zu gleicher Zeit werde der Körper A durch eine andere Kraft nach C zu sollicitirt, und diese Kraft sey so groß, daß sie den Körper A allein, in eben der Zeit, da er Aa zurücklegt, durch Aα führen würde. Es ist aus dem vorhergehenden klar, daß der Körper A hier die Diagonale AB des auf die Linien Aa und Aα gesetzten Parallelogramms durchlaufen werde. Wenn er in B angelangt ist, und nun keine andere Kraft weiter auf ihn wirkte, so würde er in einer gleichförmigen Bewegung fortgehen, und in der Zeiteinheit Bb = AB zurücklegen; aber bey seiner Ankunft in B soll die Kraft, die ihn nach C zu sollicitirt, abermals wirksam werden, und ihn eben so stark nach C zu beschleunigen, als da er in A war, so wird er wieder in dieser zweyten Zeiteinheit die Diagonale BD des Parallelogramms beschreiben, das auf die Seitenlinien Bβ und Bb aufgesetzt ist. In der dritten Zeiteinheit würde er sich selbst überlassen durch Dd = BD gleichförmig fortgehen; aber in D treibt ihn eine Kraft wieder nach C mit einer Größe Dγ = Aα, und er durchläuft so in dieser dritten Zeit die Diagonale DE des Parallelogramms DdγE, u. s. f.

Der wahre Weg des Körpers ist also ABDE, und weil die Ablenkungen desselben von der geradlinigten Bahn nur in den Stellen A, B, D angenommen worden

hen sind, so wird jener ein Theil des Umfangs von einem Vielecke seyn, wie man finden wird, wenn man sich die Mühe nimmt, den Weg ferner durch genaue Zeichnung aufzusuchen, wobey es sich zugleich ergiebt, daß die anfänglich wachsenden Diagonalen hernach wieder abnehmen, dann wieder wachsen, und zuletzt wieder abnehmen.

Wenn nun die Kraft Aα nicht unterbrochen, und bloß in A, B und D, sondern stetig wirkt, und also den Körper A in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen von seiner geraden Linie ablenkt, so beschreibt der Körper alle Augenblicke eine andere unendlich kleine Diagonale AB, oder er hat alle Augenblicke eine andere Richtung; folglich beschreibt er eine gegen C hohle krumme Linie.

§. 102. Am Ende jedes einzelnen Augenblicks befindet sich bey dieser krummlinigten Bewegung der Körper in der Richtung der Tangente, die durch den Punct gezogen werden kann, in welchem der Körper am Ende dieses Augenblickes ist, und nach der Richtung dieser Tangente sucht der Körper jeden Augenblick zu entfliehen.

Wenn der Körper A (Fig. 10.) durch eine Kraft nach der Richtung Aa getrieben, und durch eine andere Kraft Aα von dieser Richtung stetig abgelenkt wird, so wird AB eine krumme Linie, wie in Fig. 11. Ab es ist, die durch die stetige Wirkung der Kraft Aα auf den Körper, der nach AB sich zu bewegen getrieben wird, nach C zu hervorgebracht wird. Befindet sich nun der Körper in B, so sucht er in der Richtung der Tangente Bb, die auf den Punct B (Fig. 10.) gezogen werden kann, nach b zu entfliehen; eben so auch, wenn er in D angelangt ist, nach der Richtung der Tangente Dd, u. s. f.

§. 103. Die Kraft, welche den Körper stetig von der Richtung der Tangente zu der durchlaufenen krummen Linie zurückbringt, heißt die Centripetalkraft (vis centripeta); die Bewegung selbst heißt auch Centralbewegung (motus centralis), und der Punct, nach welchem der Körper stets abgelenkt

kraft oder gezogen wird, der Mittelpunct der Kräfte (centrum virium). Weil die zusammengesetzte Bewegung eines Körpers durch den Bogen Ab (Fig. 11.), zerlegt werden kann, in die Kraft, die den Körper in der Direction AB sollicitirt, welche die Tangente des krummen Elements Ab oder des Puncts A ist, und in die Kraft, die ihn nach der Richtung AC sollicitirt, welche auf dem Elemente Ab oder der Tangente AB perpendiculär ist, so nennt man jene Kraft die Tangentialkraft (vis tangentialis), diese, die mit der Centripetalkraft einerley ist, die Normalkraft (vis normalis). Die Tangentialkraft AB läßt sich, wie jede einfache Kraft, als zusammengesetzt annehmen, als ob sie aus bA und bB bestände. Der Theil bB der Tangentialkraft AB, der in der Richtung des Radii BC ist, heißt die Centrifugalkraft (vis centrifuga). Dieser Theil ist der Centripetalkraft Aa gleich und entgegengesetzt, und der übrige Theil Ab ist es, welcher macht, daß der Körper in der Bewegung beharrt. Die Wirkung der Centripetalkraft wird durch die Linie Bb ausgedruckt, durch welche der Körper von der Tangente AB weggezogen wird; und diese Linie Bb ist der Raum, welchen der Körper in der gegebenen Zeit, da er den Bogen Ab zurücklegt, durch die Wirkung der Centripetalkraft allein durchlaufen würde, und heißt das Maaß der Centripetalkraft (mensura vis centripetae). Diese Centripetalkraft und Centrifugalkraft zusammen nennt man die Centralkräfte (vires centrales).

§. 104. Es ist also eine doppelte Kraft nöthig, wenn ein Körper in einer krummen Linie bewegt werden soll, eine Normal- und eine Tangentialkraft (§. 101), wovon jede, wenn die andere aufhörte, [illegible] ihre

ihre ganze Wirkung verrichten würde. Wenn die Tangentialkraft plötzlich nachließe, so würde der Körper durch die Normalkraft nach den Mittelpunct C (Fig. 11.) geführt werden; und wenn die Normalkraft auf einmal aufhörte, so würde der Körper in seiner Richtung nach der Tangente fortgehen.

Wegen der so wichtigen Anwendung, die man von der Lehre von den Centralbewegungen und Centralkräften in der Physik machen kann, ohne welche sich die Lehre von der Bewegung der Himmelskörper schlechterdings nicht gründlich vortragen und erlernen läßt, halte ich es für nöthig, hier etwas mehr davon beyzubringen, als man seit einigen Jahrzehnden in den Anfangsgründen der Naturlehre zu thun gewohnt gewesen ist. Man kann es nach Gefallen beym Vortrag überschlagen, oder weiter erläutern.

1) Die vom **Radius Vector** bey der Centralbewegung beschriebenen Flächenräume verhalten sich wie die Zeiten, in denen sie durchlaufen worden sind.

Wenn die Kraft $A\alpha$ (Fig. 10.), die den Körper A von der geradlinigten Richtung seiner Tangentialkraft Aa ablenkt, stetig nach C wirkt, so wird die Bahn ABDE krummlinigt. Nehmen wir nun zugleich AB, BD und DE unendlich klein, so sind es unendlich kleine Bogen, die wir wieder für gerade Linien halten können. Der Körper in A habe eine determinirte Geschwindigkeit, um in dem Zeitelemente durch Aa zu gehn, er werde aber in eben diesem Zeittheilchen gegen den Mittelpunct durch $A\alpha$ gezogen; er wird dann die Diagonale AB des Parallelogramms Aa $B\alpha$ in diesem Zeittheilchen beschreiben, und in B eine Geschwindigkeit haben, die ihn im folgenden Zeitelemente nach der geraden Linie durch Bb = AB führen würde. Die Centripetalkraft wirkt aber von neuem, und zieht ihn aus B in β durch $B\beta$, er durchläuft also eine neue Diagonale BD vom Parallelogramm $BbD\beta$, u. s. w. Die gerade Linie aus dem Mittelpunct der Kräfte in den bewegten Körper gezogen, wie CA, CB, CD, CE, heißt der Radius Vector, der nun in der einfachen Zeit den Flächenraum (aream) ACB, in der doppelten Zeit den Flächenraum ACB + BCD beschreibt. Es ist aber der Flächenraum BCD = ACB. Denn die Dreyecke ACB und BCb haben gleiche Grundlinien AB = Bb, und das gemeinschaftliche Perpendikel CB zur Höhe; es ist also ACB = BCb; da nun ferner die

Dreyecke BCb und BCD zwischen einerley Parallelen BC und bD liegen, und eine gemeinschaftliche Grundlinie BC haben, so ist auch BCD = BCb, und folglich BCD = ACB. Es ist also der vom Radius Vector in der einfachen Zeit beschriebene Flächenraum zu dem in der doppelten Zeit beschriebenen = ACB : ACB + BCD = ACB : 2ACB = 1 : 2.

6) Die Geschwindigkeit eines Körpers in jedem Puncte der krummen Bahn ist im umgekehrten Verhältniß der Perpendicullinie aus dem Mittelpuncte der Kräfte auf die Tangente der krummen Linie an diesem Puncte gezogen.

Weil die Bewegung gleichförmig ist (1), so verhält sich die Geschwindigkeit wie die Räume AB, BD, DE, u. s. w. (Fig. 10.) oder wie die Grundlinie der Dreyecke ACB, BCD, u. s. w.; da nun diese Dreyecke gleichen Innhalts sind (1), so verhalten sich die Grundlinien umgekehrt wie die Höhen, oder wie die Perpendikel, aus dem Mittelpunct der Kräfte C auf sie gezogen; folglich verhält sich auch die Geschwindigkeit so.

Weil ferner die Grundlinien derselbigen Dreyecke sich verhalten wie die doppelten Flächenräume derselbigen durch jene Perpendikel getheilt, so verhalten sich auch die Geschwindigkeiten gerade wie die Flächenräume, die in gleichen Zeiten durchlaufen sind, und umgekehrt, wie jene Perpendikellinie; oder wenn die Geschwindigkeit c, der Flächenraum a, das Perpendikel p heißt, so ist $c = \frac{a}{p}$.

Wenn die Centralkraft stetig angenommen wird, so verwandelt sich ABDE (Fig. 10.) in eine gegen den Mittelpunct der Kräfte C hohle krumme Linie, und ABb wird die Tangente des Bogens BD in B. Nehmen wir nun die Zeit unendlich klein, so wird das Element des Bogens Ab (Fig. 11.) mit der geraden Linie AB selbst für einerley gehalten werden können. Der Flächenraum ACb wird den Zeiten der Bewegung proportional seyn (1), und so werden sich auch die Geschwindigkeiten in verschiedenen Puncten der krummen Linie umgekehrt, wie die Perpendikel aus dem Mittelpunct der Kräfte auf die Tangente, verhalten, oder sie werden sich verhalten directe, wie die in gleichen Zeiten durchlaufenen Flächenräume, und umgekehrt wie jene Perpendikellinie.

3) Bey der Kreisbewegung ist die Geschwindigkeit in allen Puncten gleich, oder die Bewegung eines im Kreise bewegten, und durch eine nach dem Mittelpunct des Kreises strebende Centripetalkraft getriebenen Körpers, ist gleichförmig.

Die vom Radius Vector beschriebenen Flächenräume sind in gleichen Zeiten gleich groß (1). Dieser Satz gilt für alle Centralbewegungen. Bey der Bewegung im Kreise sind diese Flächenräume Sectoren des Kreises, denen, wenn sie gleich sind, gleiche Bogen des Kreises zugehören. Da bey dem Kreise die Perpendikellinie auf die Tangente aus dem Centro dem Halbmesser oder dem Radius Vector gleich ist, die Radii aber in dem Kreise sich alle gleich sind, so wird auch die Geschwindigkeit allenthalben gleich, folglich die Bewegung gleichförmig seyn.

4) **Je mehr sich die krummlinigte Bahn dem Kreise nähert, desto mehr kömmt die Bewegung der Gleichförmigkeit nahe.**

5) **In allen krummlinigten Bahnen ist die Geschwindigkeit in denen dem Mittelpunct der Kräfte näher liegenden Stellen größer, als in den mehr davon entfernt liegenden Stellen.**

Dieser Satz folgt unmittelbar aus 2.

6) **Die Umlaufszeiten (tempora periodica) bey der Centralbewegung sind die, welche die Körper brauchen, um die ganze Bahn, worin sie bewegt werden, zu vollenden. Sie sind in einem zusammengesetzten Verhältniß aus dem directen der Umkreise, und den verkehrten der Geschwindigkeiten.**

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 74. Anm.) angeführten allgemeinen Satze der gleichförmigen Bewegung. Da die Umkreise K, k die Räume sind, welche die Körper zurücklegen, so werden auch hier die Umlaufszeiten $T : t = \frac{K}{C} : \frac{k}{c}$ seyn, wo C, c die Geschwindigkeit bedeuten.

Eben so folgt auch aus diesem Satze und (1), daß sich die ganze Umlaufszeit zu der Zeit, die zum Durchlaufen in einem Bogen verwandt wird, verhält, wie der Flächenraum des Kreises zum Flächenraume des Sectors, den der Bogen mit den radiis vectoribus auf ihn gezogen bildet.

7) **Wenn um den Mittelpunct der Kräfte ein Kreis beschrieben wird, dessen Flächenraum dem der Bahn gleich ist, welche der Körper mit ungleichförmiger Bewegung beschreibt, und nun angenommen wird, daß der Körper in diesem Kreise mit einer Geschwindigkeit bewegt werde, die zwischen der größesten und kleinsten Geschwindigkeit seiner wirklichen Bewegung die mittlere ist,**

ist, so wird er diesen Kreis in eben der Zeit beschreiben, worin er seine wirkliche Bahn durchläuft.

Auch dieser Satz folgt aus (1).

8) Die Bewegung in jeder krummen Linie kann folglich auf die Bewegung im Kreise zurückgebracht werden, und die Radii dieses Kreises heißen die mittlern Distanzen (distantiae mediae) des Körpers. Die Umlaufszeiten sind im geraden Verhältniß der mittlern Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und dem umgekehrten der Geschwindigkeiten.

Wenn wir die mittlern Distanzen D, d, und die Geschwindigkeiten V, v nennen, so sind also die Umlaufszeiten $T : t = \frac{D}{V} : \frac{d}{v}$. Denn da die Umlaufszeiten im geraden Verhältniß der Umkreise sind (6), die Umkreise aber, wie aus der Geometrie bekannt ist, sich wie die Radii der Zirkel, oder wie die Distanzen vom Mittelpunct des Kreises verhalten, so werden sich auch die Umlaufszeiten wie diese verhalten müssen. Die Zeiten aber verhalten sich verkehrt wie die Geschwindigkeiten, wenn die Räume gleich sind.

9) Die Geschwindigkeiten stehen im geraden Verhältniß der mittlern Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte, und im umgekehrten der Umlaufszeiten.

Es ist diesemnach $V : v = \frac{D}{T} : \frac{d}{t}$. Der Satz ist eine Folge des vorigen, verglichen mit §. 74.

10) Wenn zwischen der Centripetal- und Tangentialkraft einerley Verhältniß stets stattfindet, so wird der Körper, der durch diese Kräfte getrieben wird, in einem Kreise bewegt werden, dessen Mittelpunct mit dem Mittelpunct der Kräfte übereinkömmt, und umgekehrt. In jedem andern Fall wird die Bahn vom Kreise verschieden seyn.

Wenn (Fig. 12.) der Körper A um das Centrum der Kräfte C getrieben wird, und zwar mit einer Geschwindigkeit, daß er in der Zeiteinheit, da er nach der Richtung der Tangentialkraft den Raum AB durchlaufen würde, durch die gemeinschaftliche Wirkung der Centripetalkraft den Bogen Ab beschreibt, so wird die Schwungkraft Bb auch das Maaß der Centripetalkraft seyn, falls wir den Bogen Ab unendlich klein nehmen. Er wird also in b wieder eben so weit von C abstehen. In der folgenden Zeiteinheit würde die Tangentialkraft allein ihn bis D geführt haben; er ist aber unterdessen wieder durch die Centripetalkraft durch Dd = Bb abgelenkt worden, und also eben so weit wieder

vom

vom Mittelpunct der Kräfte C entfernt. Da nun, wenn wir die Bogen Ab, bd unendlich klein nehmen, die Centrifugalkraft Bb und Dd auch das Maaß der Centripetalkraft ist, so wird diese auch immer mit der Schwungkraft im Gleichgewicht seyn, und es wird also der Körper in allen Puncten seiner Bahn gleich weit vom Mittelpunct der Kräfte entfernt bleiben, folglich im Kreise bewegt werden, dessen Mittelpunct auch der Mittelpunct der Kräfte ist.

11) Die Centripetalkraft eines Körpers bey der Bewegung im Kreise ist gleich dem Quadrate des in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogens durch die doppelte Distanz desselben vom Mittelpunct der Kräfte dividirt; oder sie ist gleich dem Quadrate der Geschwindigkeit dividirt durch diese doppelte Distanz vom Mittelpunct der Kräfte.

Nennen wir die Centripetalkraft P, den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α, die Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte D, und die Geschwindigkeit V; so ist $P = \frac{\alpha^2}{2D}$, oder $P = \frac{V^2}{2D}$.

Es sey nemlich (Fig. 13.) Ab der in der Zeiteinheit durchlaufene Bogen, und er werde klein genug angenommen, so daß er für eine gerade Linie = AB angesehen werden könne, die seine Tangente ist; dann wird aber auch EB parallel seyn mit bA. Bb ist die Centrifugalkraft. Aus b ziehe man die Perpendiculärlinie ba auf AE, so wird Aa = Bb, und Bb also auch das Maaß der Centripetalkraft abgeben. Es ist aber EA : AB = AB : Bb; denn die Dreyecke EAB und ABb sind einander ähnlich, weil der Winkel EAB = AbE, und daher auch AbB ein rechter Winkel, die beide den gemeinschaftlichen Winkel ABb haben; es ist also der dritte Winkel AEB = BAb, und beide Dreyecke EAB und AbB sind ähnlich. Eben so sind auch die Dreyecke EAb und Aba ähnlich. Denn der Winkel EbA ist ein rechter, und gleich Aab, der Winkel EAb ist für beide Dreyecke gemeinschaftlich, daher ist der dritte Winkel AEb = Aba, und zwey gleichwinklige Dreyecke sind ähnlich. Es verhält sich also auch

EA : Ab = Ab : Aa; also $Aa = \frac{Ab^2}{EA}$. Aa drückt aber die Centripetalkraft = P, und Ab den in der Zeiteinheit durchlaufenen Bogen α aus, folglich ist $P = \frac{\alpha^2}{EA}$. EA ist der Durchmesser des Kreises = 2AC, oder der doppelten Entfernung (D) des Bewegs

weglichen A vom Mittelpuncte C; also ist $P = \frac{\alpha^2}{2D}$. Da $AB = \alpha$ den Raum ausdrückt, die Räume aber den Geschwindigkeiten proportional sind, wenn die Zeiten gleich sind; so kann für α auch die Geschwindigkeit V substituirt werden, und also wird auch $P = \frac{V^2}{2D}$ seyn.

Aus diesen Formeln folgt denn nun auch für die Kreisbewegung, daß $V = \sqrt{P(2D)}$, und daß $D = \frac{V^2}{2P}$.

12) **Wenn zwey bewegliche Puncte in Kreisen von verschiedenen Durchmessern gleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte wie ihre Distanzen vom Mittelpunct der Kräfte.**

Dieser Satz folgt unmittelbar aus dem vorigen. Es werde ein Körper A (Fig. 14.) in einer Kreisbewegung um den Mittelpunct C geführt, und beschreibe den Kreis AGFE in eben der Zeit, da a den kleinern Kreis agfe zurücklegt. Es ist klar, daß A in D seyn wird, wenn a sich in d der Peripherie befindet. Aus dem Vorhergehenden ist bekannt, daß der Theil BD und bd der auf die Tangenten AB und ab von C gezogenen Linie die Centripetalkraft ausdrückt. Da nun bekanntlich die Bogen AD und ad sich verhalten wie die Halbmesser CA und ca, diese aber die Distanzen des A und a vom Mittelpuncte der Kräfte oder des Kreises ausdrücken, so werden sich auch diese Bogen verhalten wie die Distanzen des A und a vom Mittelpuncte. Die Centralkräfte verhalten sich aber (11), wie die Quadrate der Bogen dividirt durch die doppelte Distanz vom Mittelpunct. Es verhält sich also $BD : bd = \frac{AD^2}{2AC} : \frac{ad^2}{2aC}$. Setzen wir nun den Halbmesser $AC = 2$, und den $aC = 1$, so sind auch die Bogen AD und ad wie $2 : 1$, und wir erhalten folglich $BD : bd = \frac{2^2}{2+2} : \frac{1^2}{1+1} = \frac{4}{4} : \frac{1}{2} = 2 : 1$, folglich gleich den Distanzen des A und a von C.

13) **Wenn zwey bewegliche Puncte in gleicher Entfernung vom Mittelpunct der Kräfte mit ungleicher Geschwindigkeit bewegt werden, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.**

Dieser

Dieser Satz fließt wiederum aus (11). Wenn (Fig. 15.) zwey Körper Q und q eine Kreisbewegung haben, dergestalt, daß in der Zeiteinheit Q den Bogen Ab, und q den Bogen Ad, beide in gleicher Entfernung AC vom Mittelpunct ihrer Kräfte beschreiben, so werden sich nach (11) ihre Centripetalkräfte verhalten, wie $\frac{Ab^2}{2AC} : \frac{Ad^2}{2AC} = Ab^2 : Ad^2$. Wenn sich nun die Bogen Ab : Ad verhalten wie 1 : 2, und die Distanz AC = 1 gesetzt wird, so ist die Centripetalkraft von Q zu der von q = $\frac{1^2}{1+1} : \frac{2^2}{1+1} = 1^2 : 2^2$. Da sich nun die Räume verhalten wie die Geschwindigkeiten, wenn die Zeiten gleich sind, so werden sich auch die Centripetalkräfte verhalten wie $\frac{V^2}{2AC} : \frac{v^2}{2AC} = V^2 : v^2$, d. i., wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

14) Wenn zwey bewegliche Puncte in ungleich großen Kreisen mit gleicher Geschwindigkeit bewegt werden, folglich ungleiche Umlaufszeiten haben, so verhalten sich ihre Centripetalkräfte umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Mittelpunct.

Gesetzt, der Körper A (Fig. 14.) laufe bey der Entfernung AC = 2 vom Mittelpunct der Kräfte C in der Zeiteinheit durch den Bogen AD, während der Körper a bey der Entfernung ac = 1 vom Mittelpunct der Kräfte, den Bogen af = AD durchläuft, so wird nach (11) die Centripetalkraft des A zu der von a sich verhalten wie $\frac{AD^2}{2AC} : \frac{Af^2}{2aC} = \frac{1}{4} : \frac{1}{2} = 1 : 2$, folglich verkehrt wie Distanz von C.

Aus diesem Satze folgt dann auch

15) daß, wenn die Distanzen zweyer in einer Kreisbewegung befindlicher Puncte vom Mittelpuncte, so wie ihre Umlaufszeiten ungleich sind, ihre Centripetalkräfte sich verhalten, wie ihre Entfernungen vom Mittelpunct dividirt durch das Quadrat ihrer Umlaufszeit.

Wenn z. B. (Fig. 14.) A seine doppelt so große Bahn AGFE in der Zeit T = 2 vollendet, da a seinen Kreis aefg in der Zeit t = 1 vollendet, so wird die Centripetalkraft von A zu der a seyn = $\frac{AC}{T^2} : \frac{aC}{t^2} = \frac{2}{2^2} : \frac{1}{1^2} = \frac{2}{4} : \frac{1}{1} = \frac{1}{2} : 1 = 1 : 2$; folglich, wie vorher (14).

16)

16) Wenn sich die Quadrate der Umlaufszeiten verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpunct der Kräfte, so sind die Centralkräfte verkehrt wie die Quadrate der Distanzen.

Wenn wir in der vorigen Formel statt T^2, t^2, hier nach der Voraussetzung die proportionalen Quantitäten AC^3, ac^3 substituiren, so erhalten wir für die Centralkräfte des A und a, das Verhältniß von $\frac{AC}{AC^3} : \frac{aC}{aC^3} = \frac{1}{AC^2} : \frac{1}{aC^2} = aC^2 : AC^2$.

Die Bestimmung der Centripetalkräfte für andere Arten der Centralbewegung setzt nun freylich schon etwas mehr, als die gewöhnlichen Elementarkenntnisse der Geometrie voraus; indessen will ich doch hier einige Resultate dieser Bestimmungsarten geben, um dadurch eben die Nothwendigkeit eines tiefern Studiums der Mathematik in der Naturlehre zu zeigen.

17) Wenn ein beweglicher Punct durch Centralkräfte getrieben irgend eine krumme Linie ABC (Fig. 16.) beschreibt, so nimmt man Rücksicht auf den Bogen Br, der in dem Zeitelemente beschrieben worden ist, auf dessen Tangente TBH aus dem Mittelpuncte der Kräfte F das Perpendikel FT, was die Normallinie heißt, gefällt wird, und durch welchen Bogen man einen Kreis DBC gehend annimmt, der eben die Krümmung als dieser Bogen hat, und der Krümmungskreis (circulus osculator), so wie sein Halbmesser der Krümmungshalbmesser genannt wird. Es läßt sich nun erweisen, daß, wenn ein beweglicher Punct irgend eine krumme Linie ABC beschreibt, die in B die Krümmung des Krümmungskreises DBC hat, und der Mittelpunct der Kräfte außerhalb dem Mittelpunct des Krümmungskreises liegt, die Centralkraft P in einem umgekehrten zusammengesetzten Verhältnisse des Quadrats der Normallinie und des einfachen der Sehne des Krümmungsbogens sey, die durch den Anfang dieses Bogens und den Mittelpunct der Kräfte geht; oder auch, daß die Centripetalkraft in jeder gegebenen krummen Linie sich verhalte, wie der Radius Vector dividirt durch den Würfel der Normallinie, und den doppelten Krümmungshalbmesser.

Es sey (Fig. 16.) in B ein beweglicher Punct, der in dem Zeitelemente den unendlich kleinen Bogen Br durchlaufe, indem ihn die Centripetalkraft von der Tangente BH um das Raumtheilchen Hr, = Bi ablenkt, was er, wenn die Centripetalkraft allein wirkte,

te, in eben der Zeit mit beschleunigter Geschwindigkeit durchlaufen würde. Da Bi = P eine stetige Kraft ist, so steht sie im geraden Verhältniß des Raums, und im umgekehrten des Quadrats der Zeit, folglich ist $P = \frac{Bi}{t^2}$. Die Zeit t wird aber vorgestellt durch den Flächenraum zwischen den beiden Radiis Vectoribus FB und Fr, und dem Bogen Br, oder durch das Dreyeck BFr; da Br mit der Tangente einerley genommen wird, so ist die Höhe des Dreyecks auch FT und die Grundlinie Br. Man erhält den Flächenraum des Dreyecks, wenn man die Grundlinie mit der halben Höhe multiplicirt, oder $\frac{Br \times FT}{2}$. Substituiren wir dafür den doppelten Flächenraum, damit das Verhältniß einerley bleibt, so ist $t = Br \times FT$. Da sich nun P verhält wie $\frac{Bi}{t^2}$, so wird auch, weil $t = Br \times FT$ ist, $P = \frac{Bi}{Br^2 \times FT^2}$. Es verhält sich $Bo : Br = Br : BE$, und daher ist auch $BE \times Bo = Br^2$; ferner ist $Bo : Bi = BS : BE$, und daher $Bo \times BE = Bi \times BS = Br^2$. Setzt man also in der vorigen Formel statt Br^2 diesen Werth, so erhält man für $P = \frac{Bi}{Bi \times BS \times FT^2} = \frac{1}{BS \times FT^2}$ oder die Centripetalkraft ist im umgekehrt zusammengesetzten Verhältniß der Sehne des Krümmungsbogens und des Quadrats der Normallinie.

Da $FB : FT = BE : BS$, so ist auch $BS = \frac{BE \times FT}{FB}$, und daher auch $P = \frac{FB}{BE \times FT^3}$, oder gleich dem Radius Vector FB dividirt durch $BE = 2\,BN$ oder den doppelten Krümmungshalbmesser und den Würfel der Normallinie FT.

18) Wenn die Centralbewegung einen Kegelschnitt beschreibt, so ist die Centralkraft im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernung vom Brennpuncte, als dem Mittelpuncte der Kräfte.

Oder es ist (nach Fig. 16.) $P = \frac{1}{FB^2}$.

Es sey nemlich CBA ein Kegelschnitt, BK der Semiparameter, und BN der Krümmungshalbmesser, so ist dieser $= \frac{BM^3}{BK^2}$, folglich der Durchmesser des Krümmungskreises $BE = \frac{2BM^3}{BK^2}$. Wenn wir dies

in

in der vorigen Formel (17.) für BE substituiren, so ist $P = \frac{FB \times bK^2}{2BM^3 \times FT^3}$. Ueberdem ist BM : bK = FB : FT; daher ist auch $FT^3 = \frac{BK^3 \times FB^3}{BM^3}$, folglich wenn dies auf die vorige Formel angewendet wird, so ist $P = \frac{FB \times BK^2 \times BM^3}{2BM^3 \times BK^3 \times FB^3} = \frac{1}{2BK \times FB^2}$, oder, wegen des unveränderlichen 2bK, $= \frac{1}{FB^2}$.

So läßt sich nun auch umgekehrt beweisen, daß, wenn ein Körper durch eine solche Kraft nach dem Mittelpunct der Kräfte F getrieben wird, seine Bahn ein Kegelschnitt ist.

19) Wenn ein Körper in der Ellipse bewegt wird, und der Mittelpunct der Kräfte der eine Brennpunct der Ellipse ist, so steht die Centralkraft im geraden Verhältniß der halben Zwergachse, und im umgekehrten zusammengesetzten des doppelten Quadrats der halben zugeordneten Achse und des Quadrats des Radius Vector. Der Körper, der in der Ellipse (Fig. 17.) bewegt wird, hat die gröseste Geschwindigkeit in der Apside A, die dem Mittelpunct der Kräfte S näher ist; die kleinsten in der entgegengesetzten B. Es wächst also die Geschwindigkeit durch die eine Hälfte der Ellipse, CAD, und nimmt ab durch die andere, DBC. Die Zeit, welche der Köper braucht, um von der einen Apside A zur entgegengesetzten B zu kommen, ist die Hälfte der Umlaufszeit; die Zeit aber, welche der Körper braucht, um von einem Puncte seiner Bahn, z. B. von E, nach dem entgegengesetzten e zu kommen, ist kürzer, wenn die dem Mittelpunct der Kräfte nähere Apside in dieser Bahn liegt; länger, wenn der Körper durch die obere Apside geht, z. B., wenn er den Theil der Bahn G bis g zurücklegt.

Der Zweck verbietet, hier mehrere Resultate beyzubringen. Das Beygebrachte ist hinreichend, um davon in der Folge bey der Lehre von der Bewegung schwerer Körper in krummen Bahnen, und der Himmelskörper so viel Anwendung zu machen, als es in einem Lehrbuche der Naturlehre erlaubt ist.

Für das weitere Studium dieser Lehre von der Centralbewegung und ihrer Anwendung sind zu empfehlen: *Christ. Hugenius* de vi centrifuga, in seinen *opuscul. posthum. T. II. Amstelod.* 1728. 4. S. 107. ff.; *Newton* oben angef. *Princip. philos. natur.*; *Joh. Bernoulli* oper. *Lausannae* 1742. IV. Vol. 4.; *S' Gravesande* oben angef. *elementa physices* T. I.; *Io. Keilii* introductio ad ve-

veram Physicam et ad veram astronomiam, Lond. 1719. 8. *Ioh. Boscovich* de inaequalitatibus, quas Saturnus et Iupiter sibi mutuo videntur inducere, Romae 1756. 8. *Leon. Euleri* Mechanica, Petropol. 1736. II. Vol. 4. *Maclaurin* exposition des decouvertes de Newton, Paris 1756. 4. *La Caille* Leçons d'astronomie, à Paris 1761. 8., und besonders Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik, oder der mathematischen Anfangsgründe IV. Th. 1 Abth.

Dritter Abschnitt.

Von den Grundkräften der Materie.

§. 105.

Bisher haben wir die Materie als bloß träge, ohne inhärirende Kräfte betrachtet, und bey der Lehre von der Bewegung im Vorigen nur willkührlich Kräfte angenommen, die von außen her das träge Bewegliche afficirten, und es in Bewegung versetzten. Jetzt betrachten wir die Materie, in so fern in der wirklichen Natur Kräfte in ihr befindlich sind, die sie in Bewegung zu versetzen streben, oder in ihrer Bewegung hemmen, und deren Wirkung wir an den Phänomenen der Körperwelt wahrnehmen.

§. 106. Kraft (vis) nenne ich überhaupt, was Widerstand leistet; Widerstand aber ist das, was die zur Veränderung des Zustandes angewandte Kraft vermindert. Wenn also der Materie bewegende Kräfte inhäriren, so wird sie dadurch in jeder Richtung, die nicht mit der ursprünglichen Richtung der ihr inhärirenden Kraft zusammenfällt, widerstehen, und folglich die zu ihrer Bewegung angewandte Kraft vermindern. Aber auch selbst in der Richtung, die mit ihrer ursprünglichen Kraft zusammenfällt,

ſtet, wird ſie Widerſtand leiſten, falls die zu ihrer Bewegung in dieſer Richtung angewandte Kraft größere Beſchleunigung hat, als die ihr inhärirende.

§. 107. Wenn alſo eine Kraft in eine Materie nach einer Richtung oder mit einer Beſchleunigung wirkt, die nicht mit der Richtung oder Beſchleunigung der der Materie inhärirenden Kraft übereinkömmt, ſo wird ſie nothwendig eine Veränderung erleiden, die nach der Größe des Widerſtandes in einer völligen Aufhebung ihrer Bewegung (nach §. 87.) oder in einer Verminderung ihrer Beſchleunigung (nach §. 88.) beſtehen wird. Hinwiederum muß aber auch die Beſchleunigung der Kraft, welche der Materie inhärirt, durch die Anwendung der Kraft, die ſie nach einer andern Richtung in Bewegung zu ſetzen ſtrebt, ebenfalls ſo viel verlieren, als dieſe letztere beträgt. Bey gleichem Widerſtande und gleicher wirkenden Kraft wird dieſe wechſelſeitige Verminderung nach Maaßgabe der Größe des Winkels ſtattfinden, welche die Richtung der Kraft, die Bewegung hervorzubringen ſtrebt, und diejenige mit einander machen, die der Materie urſprünglich inhärirt (nach §. 99.).

Erläuterung durch Gewichte, die an einem Seil über eine Rolle gezogen ſind.

§. 108. Dieſe wechſelſeitige Verminderung der Kraft und Gegenkraft nennt man Gegenwirkung (reactio), und es iſt aus dem Geſagten klar, daß **Kraft und Gegenkraft ſich immer gleich ſeyn müſſen.** Die zur Bewegung der widerſtehenden Materie angewandte Kraft kann nemlich nur in ſo fern vermindert werden, in ſo fern ſie Widerſtand findet, und ſie kann dieſe mit keiner größern Ge-

ſchwin-

schwindigkeit bewegen, als welche nach Ueberwindung des Widerstandes übrig bleibt, nicht mit ihrer ursprünglichen. Es fließt von selbst aus dem Gesetz der Gegenwirkung, daß die Anwendung der Kraft auf einen Gegenstand am größesten ist, wenn dieser vollkommen widersteht; daß ohne Widerstand keine Anwendung, d. h., keine Verminderung der Kraft möglich ist, und daß kein Körper in Bewegung gesetzt werden kann, wenn die bewegende Kraft und der Widerstand ursprünglich in ihm selbst sind.

Wenn ein Pferd eine Kraft hat, die 10 Centner Last zu überwältigen vermögend wäre, und es soll einen Stein, der durch eine ihm inhärirende Kraft, nemlich die der Gravitation, nach dem Mittelpuncte der Erde zu sollicitirt wird, und dessen bewegende Kraft einen Druck von 8 Centnern hervorbringt, nach einer auf der Richtung der Gravitation senkrechten, also horizontalen Richtung aus Ruhe in Bewegung versetzen, so wird es dazu weniger als 10 Centner Kraft verwenden können, nicht mehr; seine actio in corpus wird unter 10 Centner seyn, wenn gleich die actio corporis 10 Centner wäre.

§. 109. Wenn nun der Materie selbst Kräfte inhäriren, die sie ursprünglich in Bewegung zu versetzen streben, und die ihr folglich Widerstand ertheilen, so wird bey Betrachtung der Größe der Bewegung solcher bewegten Körper nicht bloß die Geschwindigkeit, wie bey der Bewegung bloß träger Körper (§. 83.) sondern auch die Masse in Anschlag gebracht werden müssen, deren einzelne Atome der ihr inhärirenden Kraft unterworfen sind. Wenn nemlich jedes Atom der Materie von der ihr inhärirenden Kraft afficirt wird, so wird bey gleicher Beschleunigung dieser inhärirenden Kraft der Widerstand um desto größer seyn, je größer die Anzahl der Atome, d. h. je größer die Masse ist, die von dieser Kraft afficirt wird. Denn doppelt so viel widerste-

hen-

hende Materie enthält doppelt so viel Kraft zum Widerstande, und wird also auch zur gleichen Veränderung ihres Zustandes eine doppelt so große Kraft erfordern, als die einfache Masse.

§. 110. Widerstehende Masse ist also die Anzahl der Atome der Materie eines bestimmten Raums, die durch eine ihr beywohnende Kraft zu einer Bewegung sollicitirt werden, und daher in jeder andern Richtung und Geschwindigkeit, die ihr mitgetheilt wird, und welche von der Richtung und Geschwindigkeit der ihr beywohnenden Kraft verschieden ist, widerstehen. Das Product aus der inhärirenden beschleunigenden Kraft in die Anzahl dieser Atome heißt die bewegende Kraft, wie schon oben (§. 82.) angeführt worden. Durch Verminderung dieser Atome wird zwar die bewegende Kraft, und dadurch der Widerstand, aber nicht die beschleunigende Kraft der noch übrigen Masse vermindert werden. Eine bloß träge Masse ist nie eine widerstehende Masse, weil Trägheit keine Kraft ist (61.65.); sie erfordert zwar, weil sie träge ist, eine Ursach zur Aenderung des Zustandes, aber sie vermindert die dazu gebrauchte Kraft nicht.

§. 111. Wenn zwey ruhende Körper von gleicher widerstehender Masse nach einerley Richtung *) bewegt werden sollen, so erfordern sie natürlicherweise einerley Maaß der Kraft, um sich mit einerley Geschwindigkeit zu bewegen; ungleiche widerstehende Massen erfordern ohne Zweifel ein ungleiches Maaß der Kraft, um gleiche Geschwindigkeit dadurch zu erhalten; so setzt auch wol ungleiche Geschwindigkeit gleicher widerstehenden Massen ein

un-

ungleiches Maaß der Kraft voraus. Eben so leisten auch bewegte Körper von gleichen Massen und ungleicher Geschwindigkeit, oder auch von gleicher Geschwindigkeit und ungleichen Massen ungleichen Widerstand.

*) Ich sage, wenn die Bewegung nach einerley Richtung geschehen soll. Denn eine verschiedene Richtung wird mit derjenigen Richtung, in welcher die der widerstehenden Masse beywohnende ursprüngliche Kraft diese sollicitirt, einen verschiednen Winkel machen, und daher wird, wie aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (§. 94.) bekannt ist, die Anwendung der Kraft verschiedentlich groß seyn müssen, wenn bey gleichen Massen die Geschwindigkeit gleich seyn soll.

§. 112. Die Größe der Bewegung der Körper von widerstehender Masse hängt solchergestalt von ihrer widerstehenden Masse und ihrer Geschwindigkeit ab, und sie muß aus beiden ermessen werden. Es folgt aus dem vorigen;

1) Die Größe der Bewegung zweyer Körper verhält sich wie die widerstehenden Massen derselben, wenn die Geschwindigkeit gleich ist.

2) Die Größe der Bewegung verhält sich wie die Geschwindigkeiten, wenn die widerstehenden Massen gleich sind.

3) Ueberhaupt verhält sich die Größe der Bewegung, wie die Producte der widerstehenden Masse in die Geschwindigkeit.

4) Die Größen zweyer Bewegungen sind einander gleich, wenn die widerstehenden Massen sich umgekehrt verhalten, wie ihre Geschwindigkeiten.

Wenn wir die Größen der Bewegung zweyer Körper Q, q, ihre respectiven Geschwindigkeiten C, c, und ihre widerstehenden Massen M, m nennen, so ist
nach 1), wenn $C = c$, $Q : q = M : m$,
nach 2), wenn $M = m$, $Q : q = C : c$.

Neh-

Nehmen wir nun noch einen dritten Körper, dessen Geschwindigkeit $= C$, dessen Masse $= m$, und dessen Größe der Bewegung z heißt, so ist

für den ersten und dritten nach 1), $Q : z = M : m$,
für den dritten u. zweyten nach 2), $z : q = G : c$,
folglich für den ersten und zweyten $Q : q = MC : mc$.

Ferner ist $Q = q$, wenn $C : m = c : M$.

§. 113. Bey der nähern Betrachtung der Materien unserer Sinnenwelt, bey der sorgfältigen Zergliederung ihrer Wirkungen, und der weitern Verfolgung der Erscheinungen bis zu den ersten Ursachen, treffen wir **drey** wesentlich verschiedene **Grundkräfte** an, die den respectiven Materien unserer Sinnenwelt inhäriren, und der erste innere Grund aller der mannigfaltigen Erscheinungen der Körperwelt sind. Eben deswegen nenne ich sie Grundkräfte; ich gestehe aber gern, daß wir von diesen Kräften an sich selbst nichts wissen, sondern nur ihre Wirkungen kennen; und daß es auch wol vergeblich seyn möchte, darüber Untersuchungen anzustellen, weil sie selbst an sich kein Gegenstand unserer Erfahrung mehr seyn können. Desto nöthiger ist es, den Gesetzen ihrer Wirkung nachzuspüren.

§. 114. Diese drey Grundkräfte (§. 113.) sind **Cohärenz, Schwere und Expansivkraft.** Sie sind identisch von einander verschieden, wie ihre nähere Betrachtung lehren wird; sie afficiren aber nicht alle zusammen jede individuelle Materie.

Erstes Hauptstück.

Cohärenz.

§. 115.

Die Erfahrung lehrt uns, daß die Theile eines jeden Körpers so bey einander sind, daß eine äußere Gewalt erfordert wird, sie zu trennen. Dies Phänomen führt den Namen der Cohäsion oder des Zusammenhangs. Wir finden es bey allen Körpern, aber in einem höchst verschiedenen Grade; und so unmerklich auch der Zusammenhang der Theile bey einigen Körpern zu seyn scheint, so ist er doch da, wie sich durch Versuche und Beobachtungen wahrnehmen läßt.

So können auf den tropfbar-flüssigen Körpern, deren Zusammenhang in ihren Theilen sonst sehr unmerklich ist, doch durch den Widerstand, den ihre Theile bey der Trennung entgegensetzen, stählerne Nadeln, Goldblättchen, u. d. gl. zum Schwimmen gebracht werden; aber auch die elastisch-flüssigen Materien, z. B. die Luft, leisten bey der Trennung ihrer Theile Widerstand, und ohne diesen würde es unmöglich seyn, daß die Vögel darin schwimmen könnten, die dadurch, daß sie die Flügel schneller schwingen, als die Luft ausweichen kann, sich darin empor zu halten im Stande sind. Ohne diesen Widerstand der Luft bey ihrer Zertheilung müßte eine Pflaumfeder so schnell zur Erde sinken, als ein Stein, wenn sie von gleicher Höhe fallen.

§. 116. Wenn dasjenige Kraft genannt zu werden verdient, was Widerstand leistet, so muß auch das in den Körpern, was bey ihrer Zertheilung Widerstand entgegensetzt, eine Kraft seyn, und diese Kraft belege ich mit dem Namen Cohärenz, so wie ich ihre Wirkung in den Theilen der Körper Cohäsion, oder Zusammenhang nannte (§. 115.).

§. 117.

§. 117. Diese Kraft der Cohäsion äußert sich nur erst bey der unmittelbaren Berührung der materiellen Theile, und es läßt sich durch keinen einzigen entscheidenden Versuch darthun, daß sie schon in der Entfernung der Körpertheilchen von einander thätig wäre, oder daß diese sich schon in der Entfernung anzögen. Eben deswegen ist der Ausdruck: **anziehende Kraft, Kraft der Attraction,** für die Grundursach des Zusammenhanges lieber nicht zu brauchen, weil dadurch leicht zu Misverständnissen Gelegenheit gegeben worden ist. Von der Kraft der Schwere ist sie identisch verschieden, und wirkt nach ganz andern Gesetzen, und eben deswegen kann es auch nicht erlaubt seyn, die Phänomene der Cohärenz und die der Gravitation unter dem gemeinschaftlichen Namen der Attraction zu begreifen. Von der Cohäsionskraft an sich wissen wir gar nichts; sie liegt außer den Gränzen unserer sinnlichen Wahrnehmungen; und eben deswegen sind alle Erklärungen, die man davon gegeben hat, nichts mehr als Erdichtungen.

Der Druck der Luft kann nicht die Ursach des Zusammenhanges seyn.

§. 118. Die Cohärenz afficirt die verschiedenen respectiven Materien auf eine sehr ungleiche Art; und eben in den verschiedentlichen Modificirungen dieser Kraft in den verschiedentlichen Materien liegt ein vorzüglicher Grund ihrer Ungleichartigkeit, wenn man nicht vielmehr sagen kann, daß sie eben deswegen verschiedentlich von der Cohärenz afficirt werden, weil sie ungleichartig sind.

§. 119. Die Größe dieser Kraft bey den verschiedenen Materien läßt sich aus dem Widerstande

ermessen, den die zusammenhängenden Theile derselben einer andern Kraft entgegensetzen, die sie von einander entfernen will. Uebrigens gründen sich auf das Mehr oder Weniger dieser Stärke des Zusammenhanges verschiedene Benennungen und Abtheilungen der Körper, die man als eben so viele verschiedene besondere Eigenschaften derselben ansieht.

§. 120. Solche Körper, deren Theile eine beträchtliche und merkliche Kraft zur Trennung von einander erfordern, heißen **feste** (solida), und sie werden den **flüssigen** (fluida) entgegengesetzt, deren Theile nur mit einer unmerklichen Kraft zusammenhängen, und daher einen hohen Grad der Verschiebbarkeit besitzen, doch aber als ein zusammenhängendes Ganzes erscheinen. Beide sind durch keine genaue und scharfe Gränzlinie von einander abgesondert, und die **Consistenz** geht durch viele Zwischenstufen zwischen Festigkeit und Flüssigkeit hindurch.

§. 121. Körper, deren Theile sich nicht leicht verschieben lassen, oder dazu eine merkliche Kraft erfordern, heißen **harte**, auch wol **starre** Körper (c. dura, rigida); im Gegentheil sind sie **weich** (mollia).

§. 122. Solche feste Körper, deren Theile sich durch eine äußere Gewalt merklich verschieben lassen, ohne ihren Zusammenhang dadurch zu verlieren, heißen **zähe**, **dehnbare**, **streckbare** (ductilia); sie sind hingegen **spröde** (fragilia), wenn die Theile nicht aneinander verschoben werden können, ohne zu reißen, oder ihren Zusammenhang zu verlieren. Von diesen sowohl, als von den vorigen Arten des

Zusam-

Zusammenhanges, laufen die Gränzen derselben wieder sehr in einander.

§. 123. Von dieser Kraft der Cohäsion rührt auch die Federkraft oder Springkraft her, vermöge welcher die festen Körper bey ihrer Dehnung durch eine andere Kraft mit Nachlassung derselben sich in den vorigen engen Raum wieder zusammenziehen. Ich unterscheide sie von der Elasticität, die erst in der Folge in Betracht kommen kann, die ihr gerade entgegengesetzt, und deren Ursach wesentlich davon verschieden ist. Das Unzureichende in der bisherigen Erklärung beider Phänomene rührt eben daher, daß man so verschiedene Wirkungen einerley Grundursachen zuschrieb. Da, wo man bisher bey federharten Körpern eine Wiederausdehnung nach einer vorherigen Zusammendrückung annahm, findet wirklich nichts anders als Zusammenziehung nach einer vorhergegangnen Dehnung statt.

Beyspiele geben elastisches Harz, eine gespannte Saite, Stahlfedern, u. d. gl.

Eine Stahlfeder hat Federkraft, weil sie sich, wenn sie gebogen, und solchergestalt bey ihrer Krümmung in einen größern Raum gedehnt wird, wieder zusammenzieht, wenn die spannende Kraft nachläßt. Ein stählerner Ring hat aus gleichen Ursachen Federkraft, und er äußert sie nicht durch Expansion, sondern durch Contraction. Wird er nemlich von beiden Seiten zusammengedrückt, und dadurch an seinen Krümmungen gedehnt, so ziehen sich diese wieder zusammen, sobald die dehnende Kraft nachläßt, die freylich, um die Krümmungen zu dehnen, den Ring an andern Stellen zusammendrücken mußte. Hiervon läßt sich nun auf die Federkraft einer Kugel von Elfenbein, u. d. gl. der Schluß leicht machen, bey denen es leichter scheinen könnte, als ob sie eine expansive Elasticität besäßen, da der Grund der Erscheinung doch auch nur, wie bey der Stahlfeder, in der Wiederzusammenziehung gedehnter Theile liegt. Läßt man eine elfenbeinerne Kugel an einem Faden auf eine mit Fett dünn bestrichene

vor

polirte Steinplatte fallen, so schnellt sie sich freylich zurück, sie drückt auf dem Fett einen sichtbaren Fleck ein, und zeigt also dadurch eine wahre Zusammendrückung, die sie durch die Gewalt des Falles an der berührten Stelle erlitt. Aber man erinnere sich nur an den Ring, und man wird einsehen, daß die Theile der elfenbeinernen Kugel am Rande der plattgedrückten Stelle gespannt wurden, folglich sich wieder zusammenzogen, wie der Druck nachließ, und daß sie dadurch die eingedrückten Theile erhoben.

Durch diese Reaction wird es also möglich, daß die Kraft der Cohärenz Bewegung hervorbringen, oder zu einer bewegenden Kraft werden kann.

§. 124. Die Federkraft zeigt sich, so wie die übrigen Arten der Cohäsion bey den mancherley Körpern, in einem sehr verschiedenen Grade. Aber es ist wol kein fester Körper, dem die Federkraft gänzlich mangelte. Uebrigens lehrt die Art und Weise, wie sich dieses Vermögen zeigt (§. 123.), daß zu der Aeußerung desselben Dehnbarkeit im gewissen Grade gehöre, ohne welche sonst die gespannten Theile in ihrem Zusammenhange ganz aufgehoben werden und reißen würden. Daher läßt es sich erklären, warum die Federkraft verschiedener Körper durch lange anhaltende Spannung oder Dehnung merklich schwächer wird, und warum sie zunimmt, wenn die Stärke des Zusammenhangs durch Vermehrung der Dichtigkeit wächst.

Beyspiele vom Wachsthum der Federkraft durch Zunahme der Dichtigkeit geben die gehämmerten Metalle, das Härten des Stahls, die Bologneserflaschen, die Glastropfen.

§. 125. Von den Ursachen der so mannigfaltigen Verschiedenheit des Zusammenhanges der mancherley Körper können wir keinesweges eine befriedigende Erklärung geben. So viel aber scheint mir in einem hohen Grade wahrscheinlich zu seyn, daß alle

alle Körper, wenn ihre Theilchen bloß und allein der Kraft der Cohäsion unterworfen wären, fest seyn würden; oder daß Festigkeit der ursprüngliche Zustand der Körper seyn würde, wie sie außer der Cohärenz keiner andern Kraft in ihren Theilen unterworfen werden. Flüssigkeit ist, wie die nähere Betrachtung in der Folge lehrt, nur Folge des Einflusses der Wärme, und dadurch einer expansiven Kraft, durch welche die Wirkung der Cohärenz geschwächt wird.

§. 126. Die Grade der Festigkeit der verschiedenen festen Körper stehen nicht im Verhältniß mit der Dichtigkeit derselben, so weit wir diese durchs Gewicht ermessen können. So ist z. B. Gold und Bley dichter als Eisen und Kupfer, aber doch lange nicht so fest, als diese. Um diese Grade der Festigkeit bey verschiedenen festen Körpern zu messen, hat man sich der Gewichte bedient, welche zum Zerreißen derselben, bey einer bestimmten Dicke und Länge, nothwendig sind. Muschenbroek hat insbesondere sehr viele Versuche über die Kraft angestellt, welche zum Zerreißen mehrerer Körper erfordert werden. Er hat aber dabey keine besondere Rücksicht auf die Länge der Körper genommen, und daher geben auch Sickingens Versuche andere Resultate. Ueber die Stärke verschiedener Holzarten haben wir auch von Büffon und über die der metallischen Gemische von Hrn. Achard zahlreiche Versuche erhalten. So nützlich aber auch alle diese Versuche fürs gemeine Leben seyn können, so wenig läßt sich doch daraus auf die Größe der Wirkung der Cohärenz schließen, weil hierbey, wie schon Hr. Kant *) erinnert hat, die Verschiebbarkeit der Theile gar nicht in Anschlag gebracht

bracht worden ist, die doch einen so beträchtlichen Einfluß hat. So wird z. B. ein Stab von weichem Wachse sich durch ein angehängtes Gewicht erst dünner ziehen lassen, ehe er reißt, und alsdann in einer weit kleinern Fläche reißen, als man anfänglich annahm. So ist es mit allen dehnbaren Körpern, und diese größere Dehnbarkeit ist vielleicht der Grund, warum z. B. das dichtere Bley bey gleicher Dicke eher reißt, als Kupfer, u. s. w. Hierzu kömmt denn noch Verschiedenheit des Gefüges, das dicht, blätterig, körnig, u. s. w. seyn kann.

Petr. v. Muschenbroek introductio ad cohaerentiam corporum firmorum; in seinen *Dissertat. physic. experimental.* L. B. 1729. 4. S. 423. ff.; und noch weitläufiger, De cohaerentia et firmitate, in seiner *introduct. ad philosoph. naturalem, Vol. I.* S. 390. ff.

Er stellte Versuche an mit reinen Metallen, mit legirten Metallen, mit Stricken, mit Hölzern, mit Tüchern, mit Fellen, mit Saiten, mit Knochen und mit Gläsern. — Ich will aus der großen Zahl seiner Versuche nur die Resultate der mit reinen Metallen angestellten hier mittheilen. Er ließ davon Parallelepipeda, oder viereckigte Stangen gießen, deren Queerschnitte $\frac{17}{100}$ rheinländische Zoll ins Gevierte betrugen, diese mit dem einen, dazu eingerichteten, Ende senkrecht aufhängen und befestigen, und an das andere Ende eine mit Ketten versehene Waagschaale mit Gewichten aufhängen, die er so lange vermehrte, bis die Stange zerriß. Er hat hierbey zugleich das eigenthümliche Gewicht der angewandten Metalle bemerkt.

Gold	zerriß	von	578	Pf.	eigenth.	Gew.	19,238
Kapellensilber	—	—	1156	—	—	—	11,091
Kupfer	—	—	638	—	—	—	8,181
Japanisches Kupfer		—	573	—	—	—	8,726
Deutsches Eisen		—	1930	—	—	—	7,807
Englisches Zinn	—	—	150	—	—	—	7,295
eine andere Sorte		—	188	—			
Bancazinn	—	—	104	—	—	—	7,216
Malaccazinn	—	—	91	—	—	—	6,125
Engl. Bley	—	—	25	—	—	—	11,333
Spießglasmetall		—	30	—	—	—	4,500
Zink von Goslar		—	76 ⸗ 83		—	—	7,215
Wismuth	—	—	85 ⸗ 92		—	—	9,890

Wenn

Wenn hierbey nur auf gleiche Dicke Rücksicht genommen wird, so würde sich die Festigkeit der angeführten respectiven Metalle verhalten, wie die zu ihrem Zerreißen angewandten Gewichte, und das Eisen z. B. wäre $\frac{232}{3}$ oder $77\frac{1}{3}$ mal fester als Bley, u. s. w.

Nach dem Guß geschlagene Metalle wurden fester; doch hatte das seine Gränzen, und sie wurden bey zu lange fortgesetztem Hämmern wieder weniger fest.

Folgendes sind die Resultate einiger seiner Versuche mit Holz, wovon er auch Parallelepipeda machen ließ, deren Queerschnitte $\frac{1}{16}$ ins Gevierte betrugen:

Büchenholz	zerriß	von	1250	Pf.
Eschenholz	—	—	1850	—
Eichenholz	—	—	1150	—
Lindenholz	—	—	1000	—
Erlenholz	—	—	1000	—
Ulmenholz	—	—	950	—
Tannenholz	—	—	600	—
Fichtenholz	—	—	550	—

Mehr ins Große gehen Büffons Versuche mit Holz (Experiences sur la force des bois; in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1740. S. 153, und 1741. S. 292.

Des Hrn. Grafen von Sickingen Versuche mit Metallen (Versuche über die Platina. Mannheim 1782. 8.) geben andere Resultate, als die Muschenbroekschen, indem er auch auf gleiche Längen Rücksicht nahm. Er ließ aus einigen Metallen Dräthe machen von 0,3 Lin. (paris.) im Durchmesser, und 2 Fuß Länge, und es zerriß

Gold	von	16 Pf.	6 Unz.	—		$43\frac{3}{4}$	Gr. (franz. M. Gew.)
Silber	—	20	— 11	—	1 Q.	$43\frac{3}{4}$	—
Platina	—	28	— 7	—	3 —	—	
Kupfer	—	33	— 7	—	—	64	—
Eisen	—	60	— 12	—	—	8	

Hiernach folgt also die Festigkeit der angeführten Metalle so aufeinander, wie sie selbst hier nach einander stehen; da hingegen nach Muschenbroek sie so folgen würden: Kupfer, Gold, Silber, Eisen.

Traité sur les proprietés des alliages metalliques par Mr. *Achard*. à Berlin 1788. 4.

*) Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. S. 91.

§. 127. Ein sehr merkwürdiges Phänomen der Cohärenz ist die bestimmte Form, welche die Theile der Materie annehmen, wenn sie ungehindert und frey der Wirkung der ihnen beywohnenden Kraft

der

der Cohäsion folgen können. Bey den flüssigen Körpern ist es die Bildung der Tropfen, bey den festen die Krystallisirung und das Gefüge (textura), was in dieser Rücksicht unsere nähere Betrachtung verdient.

§. 128. Alle tropfbar-flüssige Körper (liquida) nehmen der Erfahrung zu Folge in kleinen Massen eine sphärische Gestalt an und bilden Tropfen, sobald sie nicht mit einem andern Körper so stark zusammenhängen, daß sie darauf oder daran zerfliessen. So bildet fein zertheiltes Quecksilber auf Holz, auf Glas, auf Stein, und mehrern dergleichen Materien, lauter kleine Kügelchen; eben so auch Wasser und Wein, auf Holz, Papier u. d. gl., das mit Bärlappsamen bestreut ist; Oehl auf einer mit Wasser feucht gemachten Tafel, und alle dergleichen flüssige Körper überhaupt nehmen die Kugelgestalt an, wenn sie in kleinen Massen durch die Luft fallen. Eben dies geschieht auch im luftleeren Raume. Eine bloß träge flüssige Masse würde auf jedem Fall die Figur behalten, die sie einmal hätte, und keine Tropfen bilden. Hat sie diese Figur noch nicht, so kann sie nicht ohne Bewegung zu einer runden Kugel werden. Schon die Bildung der Tropfen beweist also, daß eine Ursach daseyn muß, welche diese Wirkung hervorbringt. Die Schwere kann nicht die Ursach seyn, da sie vielmehr der Bildung der Tropfen wirklich hinderlich ist, wie die Erfahrung lehrt, und das Plattdrücken der auf festen Körpern ruhenden Tropfen oder Kügelchen bewirkt, die um desto mehr eine vollkommene Sphäre bilden, je kleiner sie sind, und je geringer ihr Gewicht ist. Es bleibt nur die Kraft der Cohärenz allein übrig,

aus

aus der man auf eine genugthuende Weise dies Phänomen erklären kann. Wenn man nemlich voraussetzt, daß alle Elementartheilchen einer Materie durch die Cohärenz mit gleicher Stärke sich anziehen, und die Verschiebbarkeit derselben groß genug ist, um ihrer Bewegung kein Hinderniß entgegen zu setzen, so folgt aus richtigen mechanischen Gründen, daß das Gleichgewicht dann erst entstehen könne, wenn die Masse eine Kugelgestalt angenommen hat.

Hieher gehört auch das Körnen der Metalle, und die Verfertigung des Schrotes aus Bley.

§. 129. Weil alle liquide Materien diese Tropfengestalt annehmen, so nennt man die Art ihrer Flüssigkeit auch **tropfbare Flüssigkeit**, um sie von den in der Folge zu betrachtenden expansibeln oder **elastischen Flüssigkeiten** zu unterscheiden.

Es wäre zu wünschen, daß wir auch im Deutschen durch ein eigenes Wort das *liquidum* vom *fluidum* unterscheiden könnten.

§. 130. Auch feste Körper nehmen kraft der Cohärenz eine bestimmte Form an, und ihre Theile bilden Gruppen von eigenen Gestalten, so bald sie ungehindert der Bewegung durch diese Kraft folgen können. Diese letztere Bedingung wird dadurch erhalten, daß sie erst flüssig gemacht werden, wodurch sie Verschiebbarkeit der Theile in einem hohen Grade erlangen, worauf sie dann bey dem Uebergange zur Festigkeit, nach Wegnahme dessen, was sie flüssig machte, sich in bestimmte Gruppen zusammenhäufen. Unter dieser Bedingung kann man wol von allen festen Körpern behaupten, daß sie eine gewisse Gestalt bey dem Zusammentreten annehmen, und dadurch

durch entweder bestimmte Formen im Umrisse, oder wenigstens ein bestimmtes Gefüge erhalten. Man nennt die in solchen regelmäßigen oder bestimmten Umrissen gebildeten festen Körper **Krystalle**.

Versuch. Es werden Salzauflösungen mancherley Art in einzelnen Tropfen zum Krystallisiren gebracht, und die bestimmte und regelmäßige Gestalt der angeschossenen Salze wird durchs Mikroskop gezeigt.

§. 131. Die zur Bildung der Krystalle, oder wenigstens eines bestimmten Gefüges, nöthige erste Bedingung, die leichte Verschiebbarkeit der Grundmassen durchs Flüssigwerden, wird den festen Körpern entweder durchs Schmelzen, oder durchs Auflösen in andern flüssigen Körpern, oder auch durch höchst feine Zertheilung darin ertheilt; und die andere Bedingung, die Wiederwegnahme dessen, was sie flüssig machte, wird entweder durch Erkältung und Gefrieren, oder durch Verdunstung des Auflösungsmittels, oder durch Ruhe und Bodensätze erhalten, wobey nun freylich überhaupt keine andere Art der Bewegung, wie Schütteln, Umrühren, die Anziehung der festwerdenden Theile hindern und stören muß. Bey einem zu plötzlichen Uebergang zur Festigkeit haben die Theilchen nicht Zeit genug, sich regelmäßig aneinander anzulegen, und die Bildung wird unförmlich. Die Natur zeigt uns diese regelmäßige Gestalt und Fügung an unzähligen festen Körpern in unzähligen Verschiedenheiten, an Erden und Steinen, Salzen, Metallen, und Schwefel; und wenn zahlreiche Arten nicht in dieser regelmäßigen Gestalt oder Fügung erscheinen, so läßt doch das, daß eben diese Arten sonst auch so angetroffen werden, schließen, daß bey ihrem Gestehen die Bedin-

gun-

gungen fehlten, unter welchen nur jenes Phänomen stattfinden kann. Bey einigen zähen Körpern, wie bey den dehnbaren Metallen, wird auch das regelmäßige Gefüge ihrer Theile bey der Trennung selbst gestört, und läßt sich eben deßwegen nicht wahrnehmen. Die Kunst kann freylich die Natur in der Configuration nicht immer nachahmen, da es ihr an Mitteln fehlt, viele Dinge in den dazu nöthigen Zustand der Flüssigkeit zu versetzen. Sehr mit Unrecht nahmen einige sonst ein salzigtes Princip für die wirkende Ursach der Krystallenbildung an, da das Phänomen doch nicht bloß den Salzen zukömmt, und zwar vorheriges Flüssigseyn, aber nicht bloß und allein Auflösung in einem tropfbar-flüssigen Mittel, dazu Bedingung ist.

Beyspiele von krystallinischen Formen liefern die natürlichen Körper des Mineralreichs in zahlreicher Menge, und eben so geben auch unter ihnen die Spathe, die Halbmetalle, und ihre mannigfaltigen Erze Beyspiele eines regelmäßigen Gefüges.

de Romé Delisle Essay de Crystallographie. à Paris. 1772. gr. Versuch einer Krystallographie von Herrn de Romé Delisle, aus dem Franz. von Chr. Ehrenfr. Weigel. Greifswald 1777. gr. 8. Cristallographie, ou description des formes propres à tous les corps du regne mineral, par Mr. *Romé Delisle*. sec. edit. à Paris. T. I — IV. 1784. 8. *Torb Bergmann* de formis crystallorum, praesertim e spatho ortis; in seinen *opusc. physico-chemicis*, *Vol. II.* S. 1. ff. Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien, abgefaßt von A. G. Werner. Leipz. 1774. 8.

Beyspiele von der Bildung der Krystalle oder wenigstens eines regelmäßigen Gefüges unter den angeführten Bedingungen 1) des Schmelzens und Erkältens sind: der Schnee, das Eis, besonders beym Gefrieren der Fenster, der Schwefel, der Spießglaskönig, der Wismuth ꝛc.; 2) des Auflösens in tropfbarer Flüssigkeit und Abdunstens oder Abkühlens: die mannigfaltigen Neutralsalze, Mittelsalze, metallische Salze, die luftsauren Alkalien, mehrere saure Salze, Zucker, luftsaure Kalkerde, luftsaure Bittererde, der Schwefelrubin, die

Metallbäumchen ꝛc. 3) des feinen Zertheilens in Wasser oder in andern Mediis: die Bildung der kalkigten Stalactiten und Tophe; und gewissermaßen auch mehrere krystallinische Sublimate und chemische Blumen.

Bey der Bildung organischer Körper müssen wir endlich auch bey dieser Grundkraft der Cohärenz als letzten Ursach stehen bleiben, und selbst der Bildungstrieb des Hrn. Blumenbach löst sich zuletzt darin auf.

§. 132. Warum nun die mannigfaltigen festen Körper unter den gehörigen Bedingungen durch die Kraft der Cohärenz ihrer Grundmassen gerade diese oder jene bestimmte Gestalt annehmen, davon läßt sich freylich nichts weiter sagen. Wenn wir auch gleich die größern Krystalle bis zu gewissen primitiven oder **Grundkrystallisationen** verfolgen können, so können wir doch nicht geradezu ihren Atomen dieselbe beylegen. Eher ließe sich bey mehrern schon verbundenen Atomen eine nach der verschiedenen individuellen Natur der Materie verschiedene Tendenz ihrer Cohäsionskraft annehmen, sich in dieser oder jener Fläche lieber und inniger zu verbinden, als in andern.

Bergmann a. a. O. S. 14.

§. 133. Nicht allein die Theile eines und eben desselben Körpers hängen unter einander zusammen, sondern auch die Körper von einerley Art unter einander selbst, wenn sie sich berühren, und zwar um desto stärker, je genauer und in je mehr Puncten sie sich berühren.

Beyspiele des Zusammenhängens 1) flüssiger Körper giebt das Zusammenfließen der Wassertropfen, der Quecksilberkügelchen, der Oeltropfen, bey ihrer Berührung; 2) fester Körper, das Zusammenhängen zwey geschliffener Messingplatten und Glasplatten.

§. 134.

§. 134. Auch Körper von ungleicher Art hängen unter einander zusammen, wenn sie sich genau genug berühren, und die Stärke ihres Zusammenhanges ist aus der Größe des Widerstandes zu ermessen, den sie bey der senkrechten Trennung von einander leisten. Diese Stärke des Zusammenhangs ist zwischen verschiedenen ungleichartigen Körpern bey gleicher Berührungsfläche sehr verschieden.

Versuche: 1) Zwey Metallplatten, Glasplatten, oder Marmorplatten, die mit Wasser oder Fett bestrichen sind, hängen stark zusammen.

2) Es werde eine runde dicke Messingplatte vermittelst eines in der Mitte derselben befindlichen Hakens durch einen Faden an dem Arm eines Waagebalkens so aufgehängt, daß sie genau horizontal hänge; sie werde an der Waage ins Gleichgewicht gebracht, und dann auf die Fläche von untergesetztem Wasser, Weingeist und Quecksilber so gelegt, daß keine Luftblasen darunter bleiben. Die Waage wird aus dem Gleichgewicht gebracht seyn, und es werden Gewichte erfordert werden, um die Platte loszureißen. Diese Gewichte werden bey den verschiedenen Flüssigkeiten verschieden seyn müssen.

Der Druck der Luft kann von dieser Erscheinung nicht die alleinige Ursach seyn, da sie auch unter dem leeren Recipienten der Luftpumpen statt hat, obgleich hier die Stärke des Zusammenhangs vermindert ist. Wäre der Druck der Luft die alleinige Ursach, so müßte die Stärke des Zusammenhanges sich bloß nach der Fläche richten, was doch nicht ist.

Muschenbroek (introd. ad philos. natural. T. I. §. 1096.) ließ Cylinder aus verschiedenen Materien verfertigen, deren Durchmesser 1,916 rheinl. Zoll betrug, und die Grundflächen derselben sehr genau schleifen und poliren. Er bestrich die Grundflächen je zweyer Cylinder von einerley Art nach der Erwärmung mit Rindstalg, befestigte den obern, und riß nun den untern durch angehängte Gewichte, nach dem völligen Erkalten des Talges, senkrecht ab. Er nimmt an, daß der Druck der Luft hierbey 41 Pf. betragen habe, und diesen bringt er mit in Anschlag, und da fand er denn folgende Resultate; es hingen zusammen:

Cy=

			nach Abzug des Drucks der Luft von 14 Pf.	
Cylinder von Glas	mit 130 Pf.		mit 89 Pf.	
Messing	„ 150 „		„ 109 „	
Kupfer	„ 200 „		„ 159 „	
Silber	„ 125 „		„ 84 „	
gehärtetem Stahl	„ 225 „		„ 184 „	
weichem Eisen	„ 300 „		„ 259 „	
Zinn	„ 100 „		„ 59 „	
Bley	„ 275 „		„ 231 „	
Zink	„ 100 „		„ 59 „	
Wismuth	„ 150 „		„ 109 „	
weißem Marmor	„ 225 „		„ 184 „	
schwarzem Marmor	„ 230 „		„ 189 „	
Elfenbein	„ 108 „		„ 67 „	

Hr. v. Morveau ließ von verschiedenen Metallen runde Platten von gleicher Größe und Gestalt machen, die 1 Zoll im Durchmesser hatten, und bestimmte die Kraft, mit der sie auf Quecksilber hingen. Es hing daran

das Gold mit einer Kraft von 446 Granen
das Silber „ „ „ „ 429 „
das Zinn „ „ „ 418 „
das Bley „ „ „ „ 397 „
der Wismuth „ „ „ 372 „
der Zink „ „ „ „ 204 „
das Kupfer „ „ „ 142 „
der Spießglaskönig „ „ 126 „
das Eisen „ „ „ 115 „
der Kobold „ „ „ 8 „

(Man sehe Anfangsgründe der theoretischen und practischen Chemie von Hrn. de Morveau, Maret und Durande, a. d. Franz. von Christ. Ehrenfr. Weigel, Th. 1. Leipz. 1779. 8. S. 49. ingleichen: Experiences faites en presence de l'Acad. de Dijon, le 12. Fevr. 1773. par Mr. *de Morveau*; in *Obs. de Physique de Mr. l'Abbé Rozier*, T. I. S. 172. und 460.).

Nachricht von den Resultaten einer großen Anzahl von Versuchen dieser Art findet man bey Hrn. Achard: Versuche über die Kraft, mit welcher die festen und flüssigen Körper zusammenhangen, nebst der Bestimmung der Gesetze, denen diese Kraft in Absicht ihrer Vermehrung oder Verminderung nach der Natur einer jeden Flüssigkeit unterworfen ist; in seinen chymisch-phys. Schriften S. 354. ff.

§. 135. Es gründen sich auf diese Kraft des Zusammenhanges zwischen ungleichartigen Stoffen

das

das Zusammenleimen, die Kütte, der Mörtel, das Löthen, das Verzinnen, das Versilbern, das Vergolden.

§. 136. Aus verschiedenen bisher angestellten Versuchen scheint das Gesetz zu folgen: daß die Stärke der Cohäsion bey verschiedenen Paaren von einerley Körpern, so wohl von gleichartigen als ungleichartigen, mit der Menge der Berührungspuncte im Verhältniß stehe.

Versuche: Runde geschliffene Glasscheiben, deren Durchmesser sich wie 1, 2, 3 gegen einander verhalten, hängen mit Wasser oder Oehl, mit verschiedenen Kräften zusammen, die sich gegen einander sehr nahe verhalten, wie 1^2, 2^2, 3^2, oder wie ihre Grundflächen. Man sehe auch Achard a. a. O. Tab. 4. und 5.

§. 137. Es ist noch kein Gesetz bekannt, nach welchem sich die Größe der Kräfte des Zusammenhanges bey Körpern von ungleicher Art richtete. Die Dichtigkeit der Körper steht damit in gar keinem Verhältniß; und es ist keinesweges allgemein wahr, was Hamberger behauptete, daß eine flüssige Materie von geringerem eigenthümlichen Gewicht mit einem Körper von einem größern eigenthümlichen Gewicht stärker zusammenhänge, als unter sich selbst; oder daß flüssige Materien von größerem eigenthümlichen Gewicht stärker unter sich zusammenhängen, als mit Körpern von geringerem eigenthümlichen Gewicht.

Hamberger elem. physices §. 157. 158.

§. 138. Auf den Zusammenhang flüssiger Materien mit festen, der größer oder kleiner ist, als der zwischen den Theilen der flüssigen Materie selbst, gründen sich verschiedene merkwürdige Phänomene. Wenn ein fester Körper mit einem flüssigen stärker

zusammenhängt, als der flüssige unter sich: so hängen sich die Theile des letztern an den erstern bey der Berührung an ihn an, und machen ihn naß, oder sie zerfließen auf ihm; wenn hingegen die Cohäsionskraft zwischen den Theilen des flüssigen Körpers stärker ist, als zwischen diesen und dem festen Körper, so bleibt der letztere bey dem Hineintauchen in jenen trocken, und der flüssige Körper zerfließt nicht darauf, sondern bildet Kügelchen oder Tropfen (§. 128.). Da nun schwerere Flüssigkeiten auf leichten festen Körpern allerdings zerfließen können, so ist dies zugleich eine Bestätigung des vorigen Satzes (§. 137.).

Beyspiele: Quecksilber zerfließt auf Gold, Silber, Bley, Zinn, und man kann allerdings sagen, es mache diese Körper naß; es zerfließt hingegen nicht auf Eisen, Glas, Holz, Stein. Wasser zerfließt auf einem Glase, Holze, unserer Haut, und macht daher diese naß; es zerfließt hingegen nicht auf einer mit Fett bestrichenen oder besser mit Bärlappsaamen bestrichenen Tafel; man kann solchergestalt, wenn man auf die Fläche des Wassers Bärlappsaamen streuet, durch denselben hindurch ins Wasser greifen, ohne daß die Finger naß werden. Fließende Metalle zerfließen nicht auf Steinen und erdigten Massen, und bilden darauf in kleinen Massen Kügelchen oder Tropfen.

§. 139. Ferner, wenn flüssige Materien in ihren Theilen stärker zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so nehmen sie in den aus dem letztern gemachten Gefäßen eine convexe Oberfläche an, die dem Abschnitt einer Kugel um desto näher kömmt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Taucht man den festen Körper in den flüssigen dieser Art hinein, so bildet die Flüssigkeit rund um ihn herum eine Vertiefung.

Beyspiele: Quecksilber steht in gläsernen Röhren mit einer convexen Fläche; fließende Metalle stehen in den irde-

irdenen Schmelzgefäßen mit einer convexen Fläche; Wasser steht in einem mit Fett ausgestrichnen und mit Bärlappsamen bestreueten Glase mit convexer Fläche. Eine Glasröhre, Holz, der Finger in Quecksilber getaucht verursacht rund umher eine Vertiefung im Quecksilber.

Nach hydraulischen Gesetzen sollte die Flüssigkeit in Gefäßen dieser Art eine vollkommen horizontale Oberfläche haben, und sie würde es thun, wenn die Theilchen ungehindert, ohne Cohäsion, der Schwere folgten. Wenn sie hinwiederum bloß der Cohärenz gleichförmig folgten, und nicht zugleich schwer wären, so würden sie auch in dem weitesten Gefäße eine vollkommene convexe Kugelfläche bilden. Sind sie aber nun zu gleicher Zeit schwer und cohärirend, so werden die mittlern Säulen sinken müssen, wenn sie um so viel höher stehen, als die äußere, daß ihr senkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Kraft der Cohärenz zu erhalten vermögend ist. Nur an den Seiten wird dann die Convexität wahrzunehmen seyn.

§. 140. Wenn hingegen flüssige Körper in ihren Theilen schwächer zusammenhängen, als mit den Theilen eines festen Körpers, so stehen sie in den aus letztern gemachten Gefäßen mit einer concaven Fläche, oder sie stehen am Rande höher, als in der Mitte. Und eben so bildet auch die Flüssigkeit um einen solchen festen Körper rings herum eine Erhöhung.

Beyspiele: Quecksilber steht in zinnernen oder bleyernen Gefäßen mit einer concaven Fläche; eben so auch Wasser in gläsernen Gefäßen. Um eine ins Wasser getauchte Glasstange steht dasselbe rund herum erhöhet; so auch das Quecksilber um eine Zinnstange.

Die Flüssigkeit würde nach hydraulischen Gesetzen, wenn ihre Theile bloß der Schwere, ohne Cohärenz, folgten, eine vollkommene horizontale Fläche annehmen. Wenn sie aber nun mit den Theilen der festen Körper cohäriren, so werden die Theilchen derselben, die die Wand des Gefäßes berühren, dadurch in ihrem senkrechten Drucke nach unten zu vermindert werden, (gewissermaaßen durch das Ankleben an die Wand des Gefäßes), und sie werden an der Wand umher um so

 viel

viel höher stehen müssen, daß ihr verminderter Druck mit dem Druck der davon entfernten Säulen das Gleichgewicht halten kann.

§. 141. Hierauf gründet sich nun einzig und allein das Phänomen der Haarröhrchen (tubi capillares). Man versteht darunter hohle gläserne Röhren, deren Höhlung etwa den Durchmesser eines Pferdehaares und etwas darüber hat, und die an beiden Enden offen sind. Stellt man die untere Oeffnung in eine Flüssigkeit, die auf Glas zerfließt, so steigt in kurzer Zeit die Flüssigkeit darin in die Höhe, und erhebt sich über die Oberfläche der äußern Flüssigkeit, und zwar zu einer größern oder geringern Höhe, nach der Enge des Haarröhrchens und der verschiedenen Natur der Flüssigkeit und des Haarröhrchens.

Versuche mit gläsernen Haarröhrchen in Wasser, Milch, Lackmustinctur, Tinte, u. d. gl.

Das Haarröhrchen muß oben offen seyn, sonst wird die eingeschlossene Luft durch ihren Gegendruck beym Zusammenpassen das Aufsteigen hindern.

Wenn die gefärbten Flüssigkeiten durchsichtig sind, so lassen sie sich in dem Haarröhrchen nicht gut unterscheiden, weil sich wegen der Dünne der Säule die Farbe verwischt. Um diese besser wahrzunehmen, klebt man das Haarröhrchen auf einen Papierstreifen. Undurchsichtige Flüssigkeiten, als Milch, lassen sich darin leicht wahrnehmen.

§. 142. In diesen Haarröhrchen steht die Flüssigkeit an den Seiten ebenfalls höher, als in der Mitte (§. 140.); aber wegen der geringen Entfernung fließt der Ring, welchen die Flüssigkeit an den Seiten bildet, zusammen; wegen der fortwirkenden Ursach der Cohäsion steigt das Wasser an den Seiten nun abermals höher, fließt wieder zusammen, u. s. f., bis endlich das Gewicht der Säule der in dem Haarröhr-

röhrchen aufgestiegenen Flüssigkeit im Gleichgewicht steht mit der Cohäsion, die zwischen dem Glase und der Flüssigkeit obwaltet. Denn nun hat das Aufsteigen natürlicherweise seine Gränzen.

Es versteht sich, daß die Flüssigkeit keine merkliche Viscosität haben müsse.

§. 143. Da der Grund des Aufsteigens der Flüssigkeiten in Haarröhrchen einzig und allein in der Kraft des Zusammenhanges derselben mit dem Glase zu suchen ist; so läßt sich auch leicht einsehen, daß dies Aufsteigen und die Höhe desselbigen bey den verschiedenen Flüssigkeiten sich so wenig nach einem bekannten Gesetze richte, als die Cohäsion der Körper überhaupt (§. 137.), sondern daß sie vielmehr erst jedesmal durch Erfahrung gefunden werden müsse.

§. 144. Es läßt sich hieraus erklären, warum die Höhe des Aufsteigens der Flüssigkeiten mit ihrem specifischen Gewichte in keinem Verhältnisse steht; und warum auch selbst, nach Muschenbroeks Versuchen, die Beschaffenheit des Glases auf die Höhe, zu welcher einerley Flüssigkeit in Haarröhren von einerley Durchmesser steigt, Einfluß haben kann.

Nach Muschenbroek (Introd. in philosophiam naturalem T. I. S. 373.) stiegen in Haarröhrchen von gleichem Duchmesser aus holländischem Flaschenglase:

Destillirtes Wasser	3,40 Zoll rheinl.
Liquor anodynus	1,40 —
Alkohol	1,80 —
Aetzender Salmiakgeist	3,60 —
Luftsaurer Salmiakgeist	4,56 —
Salpetergeist	2,07 —
Salzgeist	2,07 —
Vitriolgeist	5,25 —
Vitriolöhl	1,30 —
Terpentinöhl	2,58 —

In

In Haarröhrchen, von eben dem Durchmesser, aber aus andern Glassorten, waren die respectiven Höhen eben dieser Flüssigkeiten größer und kleiner.

Es wäre überhaupt der Mühe werth, zu untersuchen, ob nicht diejenigen Flüssigkeiten, die mit einer Glasplatte stärker cohäriren, in den aus dem Glase derselben verfertigten Haarröhren höher stehen würden, als andre minder stark damit cohärirende.

§. 145. Flüssigkeiten, welche auf dem Glase nicht zerfließen, steigen auch in gläsernen Haarröhren nicht in die Höhe. Es ist also bloß die Kraft der Cohäsion, welche das Aufsteigen der Flüssigkeiten in Haarröhren bewirkt (§. 142.), nicht der Druck der Luft, oder eines eingebildeten Aethers.

Petr. van Muschenbroek de tubis capillaribus vitreis, in seinen *diss. phys. experim.* S. 271. Tentamen theoriae, qua ascensus aquae in tubis capillaribus explicatur, auctore *Ios. Weitbrecht* in den *Comment. acad. petropol.* T. VIII. S. 262. *C. B. Funccii* Diss. de ascensu fluidorum in tubis capillaribus, Commentat. I. II. Lips. 1773. 4.

§. 146. Die Höhen, zu welchen einerley Flüssigkeit in Haarröhrchen von verschiedenem Durchmesser und von einerley Glase aufsteigt, verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser der Haarröhren. Denn in einem Haarröhrchen, das noch einmal so weit ist, als ein anderes, müßte die Flüssigkeit viermal niedriger stehen, weil sie viermal so viel Gewicht hat (§. 142.); da aber das noch einmal so weite Haarröhrchen auch noch einmal so viel Berührungspuncte hat, die Cohäsion von einerley Körper aber den Berührungspuncten proportionirt ist (§. 136.), so müßte die Flüssigkeit deswegen in diesem noch einmal so weiten Haarröhrchen auch noch einmal so hoch steigen, als in dem engern. Die Höhen einer flüssigen Materie in den Haarröhrchen sind sol-

cher

chergestalt in einem zusammengesetzten Verhältniß aus dem geraden der Diameter und dem umgekehrten der Quadrate der Diameter; sie verhalten sich folglich verkehrt wie die Diameter.

Gesetzt, es sey ein Haarröhrchen A, dessen Durchmesser = 1, und ein anderes B, dessen Durchmesser = 2 ist, so sollte, weil das Gewicht die Ursach des verhinderten weitern Aufsteigens der Flüssigkeit in Haarröhren ist, und der Innhalt der Cylinder sich verhält wie das Product aus dem Quadrate der Grundflächen in die Höhen, um gleiches Gewicht der aufgestiegenen Säule zu haben, die Höhe

1) in A zu der in B seyn = $2^2 : 1^2 = 4 : 1$.

Weil aber die Peripherie von A zu der von B sich verhält wie die Durchmesser; auch ferner die größere Peripherie mehr Berührungspuncte darbietet, und die Cohäsion zwischen einerley Körpern sich verhält wie die Menge der Berührungspuncte; so sollte die Höhe

2) in A zu der in B seyn = 1 : 2.

Wir haben also ein zusammengesetztes Verhältniß, wovon wir die Glieder multipliciren müssen, um ein einfaches zu erhalten. Es ist also die Höhe

in A : B = 4 : 1 (wegen 1)
in A : B = 1 : 2 (wegen 2)

folglich in A : B = 4 : 2 = 2 : 1; dies ist umgekehrt wie die Durchmesser.

§. 147. Wenn man zwey platte, reine, Glasstreifen unter einem spitzigen Winkel über einander setzt, und einen Tropfen dünnes Oehl, Wasser oder Weingeist, kurz eine Flüssigkeit, die mit dem Glase zusamenhängt, und keine merkliche Viscosität hat, so dazwischen setzt, daß der Tropfen beide Glasplatten berührt, so wird er sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach den Winkel beider Glasplatten hinbewegen. Eben dies widerfährt auch einem Quecksilbertropfen zwischen zwey regulinischen Zinnplatten.

Wird der Tropfen k (Fig. 12.) zwischen die beiden Platten AC und BC gebracht, die unter dem spitzen Winkel ACB übereinander gestellt sind, und mit denen er zusammen-

menhängt, so wird er die Figur defg annehmen müssen. Weil nun der Tropfen k gegen die beiden Platten AC und BC die Kraft der Cohärenz äussert, die Wirkung einer jeden Kraft aber nach der Perpendicularlinie geschiehet (§. 99.), so muß auch der Wassertropfen mit der Kraft km in die obere, und mit der Kraft kn in die untere wirken. Da nun beide Kräfte einen Winkel mkn einschließen, so wird der Tropfen durch die Diagonallinie kC getrieben werden. Je näher er aber nach C kömmt, desto platter und breiter wird er; folglich desto mehr wird die Menge der Berührungspuncte vermehrt werden. Die Kraft der Cohärenz wird also um so stärker wirken, und daher die Bewegung nach der Direction kC beständig vermehren.

§. 148. Wenn man zwey reine Glastafeln unter einem spitzigen Winkel an einander setzt, und beide vertical in Wasser oder eine andere Flüssigkeit stellt, die auf dem Glase zerfließt, so wird diese zwischen dem Winkel beider Platten in die Höhe steigen, und der Rand der aufgestiegenen Flüssigkeit wird eine Hyperbel bilden.

Wenn man zwey Glasplatten ADG (Fig. 19.) und ECB mit der einen Kante A und B so aneinander fügt, daß sie mit der vordern DG und EC von einander abstehen, und den spitzen Winkel GBC bilden, so wird, wenn man sie vertical in Wasser hält, dies in dem Winkel in die Höhe steigen, und die Figur imfg annehmen. Denn weil man sich zwischen beiden Platten lauter Haarröhrchen denken kann, die desto enger sind, je näher sie nach AB zu stehen, so wird, nach dem Gesetz der Haarröhren, das Wasser um desto höher steigen, je kleiner der Abstand beider Platten wird. Durch richtige Ausmessung hat man gefunden, daß gfmi eine Hyperbel sey, deren Asymptoten AB und BC sind. Denn Bp verhält sich zu Bn, wie der Abstand der Glasplatten qp zu on; es ist aber die Höhe mn zu der fp in umgekehrtem Verhältniß der Abstände der Platten an diesen Orten, oder wie Bp zu Bn. Folglich wird auch Bp $\times$ fp = Bn $\times$ mn seyn, und also die Eigenschaft einer Hyperbel haben.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 1062.

§. 149. Wenn man eine kleine hohle Glaskugel auf das Wasser in einem Trinkglase setzt, so wird

sie

sie in der Mitte der Wasserfläche ruhig bleiben. So wie sie aber der Wand des Gefäßes nahe kommt, so wird sie sich mit beschleunigter Geschwindigkeit nach derselben hinbewegen. Eben so bewegt sie sich auch von der Mitte des Wassers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Wasser steckt, und der davon naß wird; und zwey Glaskügelchen bewegen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit gegen einander, wenn sie auf der Mitte des Wassers schwimmen, und einander nahe genug kommen. Auch diese Phänomene folgen aus der Cohäsion bey der unmittelbaren Berührung, und wir brauchen auch dazu keine anziehende Kraft, die in der Entfernung schon wirksam wäre.

Es befinde sich ein hohles Glaskügelchen G (Fig. 20.) auf der Mitte der Wasserfläche ef des Gefäßes ABCD. Es wird, ob es gleich darauf schwimmt, sich doch nach hydrostatischen Gesetzen darin bis zu einer gewissen Tiefe einsenken. Das Wasser, das damit cohärirt, wird daran, wie in g und h, und so rund herum, sich erheben, und einen kleinen Wasserberg um das Kügelchen bilden. Da nun das Wasser in g und h, und so um das Ganze herum, gleich hoch steht, so wird es auch dieselbe nach allen Puncten gleich stark ziehen, und die entgegengesetzten gleich großen Kräfte werden sich wechselseitig aufheben, folglich keine Bewegung hervorbringen.

So wie aber das Kügelchen der Wand des Gefäßes näher kommt, z. B. der Wand A, und sich nun in H befindet, so wird der an der Wand A in o aufgestiegene Wasserberg mit den am Kügelchen auf der Seite in k befindlichen zusammenfließen, und das Wasser wird folglich auf dieser Seite an den Kügelchen und zwischen der Wand wieder höher steigen. Da nach dem Puncte des Kügelchens zu, der der Wand A am nächsten ist, das aufgestiegene Wasser auf beiden Seiten um desto höher treten muß, weil der Abstand von der Wand da am kleinsten ist, (wie vorher (§. 148.) bey den Glasplatten,) so wird, wegen des Zusammenfließens dieser Wasserberge auf beiden Seiten des Kügelchens zunächst der Wand und des Anhängens des Wassers an das leicht bewegliche Kügelchen, diese von zwey Kräften ge-

getrieben werden, die einen Winkel einschließen, und sich nach der Diagonale beider Richtungen, das ist, nach der Wand zu, bewegen. Je näher das Kügelchen der Wand kömmt, desto höher wird das Wasser an ihm und der Wand in die Höhe steigen, weil der Abstand beider nun immer kleiner wird. Je höher aber das Wasser an der Kugel hinaufsteigt, desto größer wird die Anzahl der Berührungspuncte zwischen ihr und dem Wasser. Da nun solchergestalt die Cohärenz des Wassers von der Seite k stärker wirkt, als auf der Seite l, so wird das Kügelchen sich nach der Seite k bewegen, und zwar um desto schneller, je näher es nach A kömmt.

Eben diese Bewandtniß hat es nun auch, wenn man in der Nähe des Kügelchens den Finger ins Wasser steckt; denn das Wasser wird an diesem auch in die Höhe steigen, wie an der Wand des Gefäßes, und dieselbige Ursach Bewegung des Kügelchens hervorbringen, die es gegen die Wand zu bewegt.

Weil ferner das Wasser stärker mit dem Glase und dem Finger zusammenhängt, als unter sich, so wird das Kügelchen dem Zuge des Fingers folgen, an dem das Wasser gewissermaaßen, so wie an dem Kügelchen, klebt.

Aus dem Angeführten wird man nun leicht einsehen, warum zwey Kügelchen, die vom Rande des Gefäßes entfernt in die Mitte des Wassers gelegt werden, sich gegen einander bewegen, wenn sie nahe genug gekommen sind.

§. 150. Wenn ein Gefäß mit einer Flüssigkeit, die sonst damit cohärirt, übervoll angefüllt wird, so wird sie aus derselben Ursache, warum eine Flüssigkeit für sich allein Tropfen bildet (§. 128.), eine convexe Oberfläche erhalten, die desto mehr der sphärischen Gestalt nahe kömmt, je kleiner der Durchmesser des Gefäßes ist. Es ist hier ganz so wie mit den Oberflächen der Flüssigkeiten in Gefäßen, die damit nicht cohäriren (§. 139.). Legt man nun ein hohles Glaskügelchen auf ein mit Wasser übervoll gefülltes Glas, so wird es sich von dem convexen Rande weg nach der Mitte zu bewegen.

Gesetzt, es befinde sich ein hohles Glaskügelchen G (Fig. 21.) auf der convexen Fläche AC des Wassers in dem

dem damit übervoll angefüllten Gefäße ABCD, so wird sich, wenn es am Rande A steht, zur Seite l weniger Wasser erheben, als in k, weil der Winkel in k zwischen dem Wasser und dem Kügelchen spitzer ist, als in l. Es wird sich also wegen der stärkern Cohärenz in k nach k zu vom Rande abwärts bewegen, bis sich in der Mitte der Fläche um das Kügelchen herum das Wasser gleich hoch befindet.

§. 151. Wenn eine Flüssigkeit aus einem Gefäße, womit sie stärker cohärirt, als unter sich, und welches keinen nach außen umgelegten Rand hat, in der geneigten Lage desselben ausgegossen wird, so läuft sie längs der Wand des Gefäßes auswendig hinab, ohngeachtet sie durch die Schwere nach der senkrechten Richtung herabgetrieben werden sollte. Sie wird nemlich jetzt durch zwey Kräfte zu gleicher Zeit afficirt, die der Cohärenz und der Schwere, und muß eine mittlere Bewegung dadurch erhalten. Flüssigkeiten hingegen, die mit dem Gefäße nicht cohäriren, laufen auch beym Ausgießen in der geneigten Lage des Gefäßes nicht längs der Wand desselben auswendig herab. Im gemeinen Leben giebt man, des erstern Zufalles wegen, den zum Ausgießen der Flüssigkeiten bestimmten Gefäßen, entweder einen umgebogenen Rand, oder Einschnitte und Ausgüsse, um dadurch die Richtung oder Menge der Berührungspuncte, und so die Stärke der Cohärenz zu vermindern.

Beyspiele: Wasser fließt an der Wand eines vollen Trinkglases beym Neigen desselben herab; Quecksilber an der Wand eines zinnernen Gefäßes.

Wasser fließt an der mit Fett bestrichenen und mit Bärlappsaamen bestreuten Wand eines Glases nicht herab. Quecksilber fließt an der Wand einer steinernen Schaale beym Ausgießen nicht herab.

Es sey AB (Fig. 22.) ein mit Wasser gefülltes Glas, das in die geneigte Lage gebracht worden ist, so wird der Tropfen a zwar durch die Schwere in der Direction

ac getrieben werden, aber die Cohärenz desselben mit dem Glase wird nach der auf der Wand senkrecht stehenden Wirkung ihn nach der Direction ab zu ziehen; er wird also nach der Richtung der Diagonallinie ae getrieben werden; dies wird von allen nachfolgenden Tropfen gelten, und sie werden, wenn sie unmittelbar hinter einander folgen, einen Wasserstrahl längs der Wand des Gefäßes ae machen. Wenn zuviel Wasser auf einmal ausgegossen wird, so ist das Gewicht des Wasserstrahls viel größer, als die Summe der Cohäsionskräfte in den berührenden Theilen, und dann fällt der Wasserstrahl senkrecht herab. Dies erfolgt auch, wenn das Gefäß horizontal gehalten wird. Alsdann wird die Richtung, nach der die Cohärenz auf das Gefäß wirkt, der der Schwere gerade entgegengesetzt, und das Wasser muß der Wirkung der größern Kraft folgen. Eben dies ist auch der Fall, wenn der Tropfen in dem Punct e ist. Er wird nun nach der Direction ed durch die Cohärenz gegen das Gefäß, und nach ef durch die Schwere getrieben; beide Kräfte sind sich entgegengesetzt; und es kömmt nun darauf an, welche Kraft die grössete ist, die bewegende Kraft der Schwere, d. h. das Gewicht des Wassertropfens, oder die Cohärenz desselben mit dem Glase. Ist das erstere, so fällt er herab; ist das letztere, so bleibt er hängen. Wenn der Wasserstrahl sehr geschwind am Glase herunter läuft, so erhält er durch den Fall eine Geschwindigkeit und die Kraft nach der Direction ei sich fortzubewegen. Da er aber durch die Schwere zu gleicher Zeit, während er nach ei zu gehen fortfahren will, nach ef herabgetrieben wird, so durchläuft er die Diagonale e k, und die Folge wird lehren, daß dies eine parabolische Linie seyn müsse.

§. 152. Wenn aus der Mündung einer engen Röhre, die etwa eine halbe Linie im Durchmesser hat, ein Wasserstrahl senkrecht hervorspringt, und es wird derselbe zur Seite mit einem cylindrischen Körper berührt, der von der Natur ist, daß das Wasser auf ihm zerfließt; so wird er sich um den cylindrischen Körper herum bewegen, und herabfallen. Dies gilt von jeder Flüssigkeit, die mit dem cylindrischen Körper stärker zusammenhängt, als unter sich. Eben so wird auch das Wasser aus einer senkrechten

Röh-

Röhre, die nicht sehr weit, und von der Natur ist, daß das Wasser darauf zerfließt, wenn die Mündung der Röhre schief abgeschnitten ist, nicht in der senkrechten, sondern in einer geneigten Richtung hervorspringen. Diese Wirkung wird weder im ersten, noch im andern Fall erfolgen, wenn die Mündung der Röhre sehr weit ist. Flüssigkeiten, die im erstern Fall nicht mit dem cylindrischen Körper, und im zweyten nicht mit der Materie der Röhre stärker zusammenhängen, als unter sich, werden jene Erscheinungen nicht zeigen, wenn auch die Mündung der Röhre sehr eng ist.

Es springe (Fig. 23.) das Wasser aus der engen Mündung b der Röhre ab in der senkrechten Richtung bck hervor, und es werde der Wasserstrahl in c mit einem runden gläsernen, metallenen, oder hölzernen Stabe berührt, so wird der Strahl gleich seine Richtung am Berührungspuncte ändern, um den Stab herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, und von e herab in der Richtung ef fallen. Jeder den Stab berührende Tropfen strebt durch die Kraft des Drucks, die ihn nach oben zu treibt, (Fig. 24.) nach gk zu gehen; die Cohärenz mit dem Stabe aber macht, daß er senkrecht darauf angezogen wird, also nach der Richtung gc wirkt; er wird daher von zwey Kräften getrieben, gk und gc, und die Diagonale gg durchlaufen. Da aber die Kraft der Cohärenz gc stetig wirkt, so wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tangente gk abgelenkt werden, folglich eine krumme Linie um den Stab herum beschreiben, wo die Cohärenz nach der Richtung gc die Centripetalkraft, und der Sprung in der Linie gk die Tangentialkraft ist. Durch die Wirkung der Schwere wird zwar diese Tangentialkraft beym Hinabsteigen des Strahls auf dem linken Halbkreise befördert, aber auch wieder unten dadurch geschwächt; die Tropfen werden also unten langsamer bewegt werden, wenn sie wieder der Richtung der Schwere entgegen in die Höhe steigen sollen, sich folglich wegen des schnellern Nachfolgens der folgenden anhäufen, und durch das vergrößerte Gewicht die Stärke der Cohärenz gegen den Stab zu überwinden, und solchergestalt herabfallen.

Es

Es sey ad (Fig. 25.) eine enge gläserne Röhre, die in dc eine schiefe Mündung hat, und es werde daraus das Wasser nach der Richtung of zu springen genöthigt. So wie das Wasser die schiefe Mündung erreicht, so wird es nun noch auf der einen Seite die Kraft der Cohärenz in der Richtung cg äußern können, aber auch nun von zwey Kräften getrieben werden, die einen Winkel gcf einschließen. Es muß sich folglich nach der Diagonale dk bewegen.

Ist der Wasserstrahl zu stark, so ist die bewegende Kraft desselben zu groß; so daß die Kraft der Cohärenz des Wassers und des Gefäßes in beiden Fällen ganz dagegen verschwindet.

Hamberger elem. phys. §. 168.

§. 153. Aus den bisher vorgetragenen Sätzen von der Kraft der Cohärenz zwischen festen und flüssigen Körpern, und der Erscheinung der Haarröhrchen, läßt sich nun auch erklären, warum das Wasser und andere Flüssigkeiten in Materien, deren Gewebe zarte Zwischenräume und Röhrchen bildet, und die damit stärker zusammenhängen, als die Theile der Flüssigkeit unter sich thun, z. B. in Löschpapier, Schwamm, Leinwand, Zucker, geballter Asche, Dochten u. d. gl. aufsteigt. Imgleichen läßt sich auch daraus das Durchfließen solcher Flüssigkeiten durch allerley Seihewerkzeuge, als Löschpapier, Leinwand, Zwillig, Filz, u. d. gl. erklären. Alles was eine Flüssigkeit hindert, in einer Haarröhre einer Materie aufzusteigen, verhindert auch das Durchfließen durch dergleichen Körper. So fließt Oehl nicht durch Löschpapier, das mit Wasser befeuchtet ist; Quecksilber nicht durch Flor und Leinwand, wenn sein Druck nicht zu groß ist. Endlich so läßt sich auch daraus erklären, warum Salz oder Salzsolutionen in nicht ganz damit vollgefüllten gläsernen Cylindern beym unmerklichen Abdunsten über den Rand des Glases steigen können.

§. 154. Flüssigkeiten, die mit einem festen Körper nicht so stark zusammenhängen, als es ihre Theile unter sich thun, steigen in den aus dem festen Körper gemachten Haarröhren nicht in die Höhe, sondern stehen, wenn man diese letztern darin eintaucht, in dem Haarröhrchen tiefer als auswendig.

Beyspiele: Quecksilber, geschmelzenes Bley, Zinn u. d. gl. steht in einem gläsernen Haarröhrchen, das hineingetaucht wird, tiefer, als auswendig umher.

1) Da das Quecksilber mit dem Glase nicht zusammenhängt, so kann es auch in dem daraus verfertigten Haarröhrchen nicht aufsteigen. Aber warum steht es darin tiefer, als auswendig, wenn das Haarröhrchen ins Quecksilber getaucht wird? Wenn (Fig. 26.) das Haarröhrchen ab in das Quecksilber getaucht wird, dessen Oberfläche in gf des Gefäßes CDEF liegt, so sollte das Quecksilber, nach hydraulischen Grundsätzen, darin so hoch stehen als auswendig; es steht aber darin nur bis zur Höhe kl. Das Quecksilber kann nemlich nicht eher ins Haarröhrchen hineindringen, als bis seine Theile getrennt sind. Da die Theilchen des Quecksilbers auf dem Glase nicht zerfließen, so kann die Cohärenz zwischen Glas und Quecksilber diese Trennung nicht bewirken. Es wird daher ein Druck des umgebenden Quecksilbers nöthig seyn, um diesen Zusammenhang der Theile des Quecksilbers aufzuheben. Es muß also der Druck des Quecksilbers in der Höhe kg oder lf um das Haarröhrchen herum angewendet werden, um die in das Haarröhrchen aufzusteigenden Theilchen des Quecksilbers von einander zu trennen; er kann also nicht auch noch die Wirkung verrichten, das Quecksilber im Haarröhrchen bis zur Höhe gf zu erheben, und es bleibt also nur dasselbe bis zur Höhe kl im Haarröhrchen stehen. Es folgt hieraus, daß immer gleich viel an der Höhe des Quecksilbers im Haarröhrchen fehlen müsse, es mag so tief untergetaucht werden, als es will.

Muschenbroek a. a. O. in der Diss. phys. experim. S. 303.

2) Je enger das gläserne Haarröhrchen ist, desto tiefer steht das Quecksilber, in welches dasselbe eingetaucht wird, darin, und es verhält sich die Höhe des Quecksilbers außer dem Haarröhrchen über die in demselben umgekehrt, wie die Durchmesser der Haarröhrchen.

Ich muß gestehen, daß die Erklärung, welche Hamberger von dieser Erscheinung anführt, (a. a. O. S. 131.) mich nicht befriedigt. Ich will daher eine andere

re versuchen. Man kann sich vorstellen, daß das Quecksilber rund um das Haarröhrchen herum aus lauter Säulen bestehe, die die Grundfläche des Haarröhrchens haben, und die also bey gleicher Höhe mit einander im Gleichgewicht sind. Nach dem in der vorigen Anmerkung angeführten nun ist zur Trennung der Quecksilbertheilchen, die in das Haarröhrchen aufsteigen sollen, ein Druck nöthig, der durch die über kl (Fig. 26.) liegende Schicht bewirket wird, die wir die Druck-Schicht nennen wollen, und die wir uns von gleicher Grundfläche mit der im Haarröhrchen befindlichen denken können, und nach hydraulischen Gesetzen denken müssen. Je kleiner nun der Durchmesser des Haarröhrchens ist, desto kleiner wird die Grundfläche der darin getretenen Quecksilbersäule seyn; folglich desto höher wieder die äußere benachbarte Druckschicht von gleicher Grundfläche seyn müssen, um durch einen gleichen Druck das Quecksilber in dem Zusammenhange zu zertheilen, der das Eindringen desselben in das Haarrohr hindert. Ist der Durchmesser des Haarrohrs noch einmal so klein, so ist die Grundfläche viermal kleiner, folglich müßte die Höhe einer auswendigen Druckschicht lk, fg, von gleicher Grundfläche, viermal höher seyn, um ein gleiches Gewicht zu haben. Aber bey dem halb so großen Durchmesser wird die Peripherie nur halb so groß, folglich auch die Menge der zu trennenden Quecksilbertheile halb so groß seyn; die Trennung des Zusammenhangs der letzten ist aber das Hinderniß des Aufsteigens, folglich müßte hier der Widerstand nur halb so groß seyn, und das Quecksilber müßte durch gleichen Druck noch einmal so hoch hineindringen. Es wären diesemnach die Höhen des Quecksilbers auswendig in einem zusammengesetzten Verhältniß, nemlich des umgekehrten des Quadrats der Diameter und des geraden der Diameter, folglich verhielten sie sich umgekehrt, wie die Diameter der Haarröhren.

3) Hieraus folgt denn nun, daß so, wie das Wasser zwischen zwey unter einem spitzen Winkel zusammengesetzten Glastafeln, die vertical ins Wasser gestellt werden, aufsteigt, und eine Hyperbel bildet (§. 148.), das Quecksilber zwischen diesen in dasselbe getauchten Glastafeln in der umgekehrten Stellung eine Hyperbel bilden müsse.

Muschenbroek intr. in philos. natural. §. 1062. Tab. XXVI. Fig. 13.

§. 155. Wenn ein leicht beweglicher Körper auf einer Flüssigkeit schwimmt, die daran nicht zer-

fließt,

[illegible], und die Flüssigkeit in einem Gefäße enthalten ist, das davon naß wird, so wird der Körper vom Rande des Gefäßes mit einer desto größern Geschwindigkeit zurückgehen, je näher er dem Rande gebracht worden ist. Hält man, wenn der Körper in der Mitte ruhig liegt, einen andern Körper, der von der Flüssigkeit naß wird, in der Nähe des schwimmenden Körpers hinein, so wird der leztere sich davon abwärts bewegen.

Beyspiel: Eine mit Fett bestrichene und mit Bärlappsaamen bestreuete hohle gläserne Kugel geht auf Wasser in einem Glase von der Wand zurück, gegen die man sie geführt hat. Liegt sie in der Mitte ruhig, und taucht man den Finger in der Nähe derselben hinein, so bewegt sie sich vom Finger abwärts. Die Bewegung eines schweren Körpers auf der schiefen Ebene erklärt hier alles, wenn man zugleich erwägt, daß das Wasser an der Wand des Glases und am Finger höher steht, als weiter abwärts.

§. 156. Alle die bisher vorgetragenen Sätze lassen sich also durch mehrere oder mindere Cohäsion fester und flüssiger Körper erklären, deren Ursach erst bey der unmittelbaren Berührung materieller Theilchen thätig wird; und wir brauchen also keine in der Entfernung wirkende anziehende Kraft, und eben so wenig auch eine eigene zurückstoßende Kraft für die bisher angeführten Phänomene.

§. 157. So wie die verschiedenen ungleichartigen Körper nicht mit gleicher Kraft unter einander zusammenhängen (§. 134.), so zeigen auch die verschiedenen ungleichartigen Bestandtheile (§. 48.) der Körper selbst nicht eine gleich starke Cohäsion unter einander; und die Erfahrung lehrt, daß zwey verbundene und zu einem sich gleichartigen Ganzen vereinigte ungleichartige Stoffe dadurch getrennt

H wer-

werden können, wenn ein dritter Stoff dazu gesetzt wird, mit welchem einer von den beiden verbundenen stärker zusammenhängt, als sie unter sich selbst zusammenhängen.

§. 158. Man nehme diesemnach an, daß zu einem aus zwey ungleichartigen Bestandtheilen a und b zusammengesetzten Körper C ein anderer Stoff d gesetzt werde, mit welchem a stärker zusammenhängt als mit b, so wird sich natürlicherweise a mit d vereinigen, und wenn diese nun keine oder wenig Cohäsion mehr haben mit b, so wird b abgeschieden.

Beyspiele: Setzt man zu einer Auflösung (C) aus Weingeiste (a) und Harz (b), Wasser (d), so wird das Harz abgeschieden. Schüttet man zu einer Auflösung des arabischen Gummi in Wasser, Weingeist, so wird das Gummi geschieden. Vermischt man die Auflösung der Kalkerde in Salpetersäure mit feuerbeständigem Laugensalze, so wird die erstere getrennt. Schüttelt man verdünnte Goldauflösung in Königswasser mit Vitrioläther zusammen, so zieht der letztere das Gold in sich, u. d. gl. m.

§. 159. Es wird also hier durch die stärker oder schwächer wirkende Cohärenz eine Trennung ungleichartiger Theile (§. 48.) bewirkt, die vorher ein homogenes Ganzes ausmachten, und durch äussere Gewalt nicht getrennt werden konnten, durch die man nur gleichartige Theile von einander absondern kann. Die Theilung der Körper in gleichartige Theile nennt man deswegen auch **mechanische Theilung**; die Theilung gemischter Körper in ungleichartige Theile hingegen **Scheidung, Zersetzung**, oder **Zerlegung** (analysis). Bey der mechanischen Theilung behalten die erhaltenen gleichartigen Theile dieselbe Natur und Eigenschaften, die das Ganze hatte, von dem sie herrühren; die ungleichartigen kann man

aber

aber nie von einander trennen, ohne den daraus gemischten Körper in seiner Natur und seinen Eigenschaften gänzlich zu zerstören, die von der innigen Verbindung dieser ungleichartigen Theile unter einander abhängen.

§. 160. Die Wirkung dieser den Stoffen in der Natur beywohnenden Kraft der Cohärenz, vermöge welcher sich ungleichartige unter einander stärker oder schwächer vereinigen, nennt man die chemische Verwandtschaft (affinitas chemica), und man schreibt demjenigen Stoffe eine nähere oder stärkere Verwandtschaft mit einem andern zu, als mit einem dritten, der mit jenem sich stärker und genauer verbindet, als mit diesem.

§. 161. Man hat mehrere Arten der Verwandtschaften unterschieden, ohngeachtet es immer eine und eben dieselbe Kraft ist, die sie bewirkt, und die sich nur nach der verschiedenen individuellen Natur der Materie stärker oder schwächer, und nach Verschiedenheit der Umstände in gewissen Abänderungen zeigt. Man nennt es bey zwey auf einander wirkenden Stoffen eine einfache Verwandtschaft (affinitas simplex); eine complicirte (affinitas complicata), wenn mehr als zwey Stoffe dabey vorkommen.

§. 162. Vermittelst der einfachen Verwandtschaft (§. 161.) vereinigt sich ein Körper mit einem andern ungleichartigen dergestalt, daß sie zusammen eine vollkommen gleichförmige Masse ausmachen, so daß nicht mehr die Theile des einen Körpers von den Theilen des andern zu unterscheiden sind. Diese Wirkung der beiden ungleichartigen Stoffe auf ein-

einander, heißt **Auflösung** (solutio), auch wird die neuentstandene Zusammensetzung selbst eine Auflösung genannt.

Beyspiele: Gummi und Wasser,
Zucker und Wasser,
Salz und Wasser,
Wasser und Weingeist,
Oehl und Wachs,
Geschmolzenes Bley und Zinn,
Silber und Scheidewasser,
Kreide und Essig, u. dgl. m.

§. 163. Hierbey nennt man gewöhnlich denjenigen von beiden Körpern, welcher durch seine Flüssigkeit, oder durch seine Schärfe, oder durch seine Menge vorzüglich wirksam zu seyn, und den andern in seine Zwischenräume aufzunehmen scheint, das **Auflösungsmittel** (solvens, menstruum); den andern aber, der sich mehr leidend zu verhalten scheint, den **aufzulösenden Körper.**

§. 164. Bey jeder Auflösung wird der Zusammenhang der Theile des aufzulösenden Körpers aufgehoben, und dieser wird so mit dem Auflösungsmittel vereiniget, daß sie nun beide zusammen eine Masse ausmachen, die sich völlig gleichartig ist, und in welcher man auch mit dem besten Vergrößerungsglase nicht mehr die ungleichartigen Theile, die sich aufgelöst haben, von einander unterscheiden kann. Es muß also nothwendig eine wechselseitige Cohäsion zwischen den Theilen des Auflösungsmittels und des aufzulösenden Körpers stattfinden, welche stärker ist, als die Kraft des Zusammenhanges zwischen ihren gleichartigen Theilen selbst; oder die Verwandtschaft (§. 160.) der sich auflösenden Körper muß größer seyn, als der Zusammenhang ihrer gleichartigen Theile.

Nun

Unterschied der Auflösung von mechanischen Vermengungen.

§. 165. Von der Art und Weise, wie die aufgelösten Theile unter einander zusammenhängen, können wir eben so wenig sagen, als von der Art und Weise des Zusammenhanges der Theile der Körper überhaupt. Die Unzulänglichkeit der Hypothese, nach welcher die Theile des Auflösungsmittels die Gestalt von kleinen Keilen oder Spitzen haben, und dadurch in die Zwischenräume des aufzulösenden Körpers eindringen und sie auseinander treiben sollen, bedarf wol keiner weitern Anzeige.

§. 166. Zwey feste Körper können sich einander nicht auflösen. Die Summe der Cohäsionskräfte ihrer gleichartigen Theile ist größer als die Summe ihrer Verwandtschaften. Schon in der ältern Chemie hatte man daher den Grundsatz: corpora non agunt, nisi fluida. Es muß also erst immer, wenigstens bey Einem Körper, die Cohäsion seiner gleichartigen Theile in einem hohen Grade aufgehoben, d. h. er muß flüssig gemacht werden (§. 120.), ehe eine Auflösung vor sich gehen kann. Selbst zwey feste Körper von gleicher Art können, ohne vorher flüssig gemacht zu seyn, sich zu keinem homogen zusammenhängenden Ganzen vereinigen.

§. 167. Man unterscheidet hiernach Auflösungen auf nassem Wege (solutiones humidae) und Auflösungen auf trockenem (solutiones siccae). Bey jenen ist von den sich auflösenden Substanzen wenigstens Eine schon an und für sich im tropfbarflüssigen Zustande, bey diesen hingegen sind sie an und für sich fest, und sie müssen erst durch Schmelzen in

in den Zustand der Flüssigkeit versetzt werden, ehe sie sich auflösen können.

1. Beyspiele von Auflösungen auf trockenem Wege geben: Schwefel und Bley, Schwefel und Eisen, Laugensalz und Kieselerde, u. d. gl.

§. 168. Wenn ein Auflösungsmittel von einem aufzulösenden Körper so viel in sich genommen hat, als er nur davon auflösen kann, so sagt man: es sey gesättiget (saturatum). Die Verwandtschaft des erstern gegen die Theile des letztern hat alsdann ihre Gränzen. Sehr oft ist diese Sättigung nach der verschiedenen Temperatur außerordentlich verschieden.

§. 169. Die aufgelösten Körper nehmen allemal unter einander an ihrer wechselseitigen Natur Antheil. Dieser Satz ist sehr wichtig, und fruchtbarer an Folgerungen für die Naturlehre, als man gewöhnlich glaubt. Es läßt sich daraus auch erklären, warum die mannigfaltige Zusammensetzung der Körper unter einander oft ganz andere Eigenschaften besitze, als die einzelnen Theile, woraus sie bestehen.

§. 170. Wenn das Auflösungsmittel durchsichtig ist, so muß auch nach geschehener Auflösung die neue Zusammensetzung durchsichtig bleiben, (vorausgesetzt, daß sie ihren Aggregatzustand nicht ändert); widrigenfalls ist die Auflösung entweder nur unvollkommen geschehen, oder es sind fremdartige Theile eingemengt.

§. 171. Die Verbindung zweyer verschiedener Körper, die sich aufgelöst haben, ist oft dichter, als sie es der Natur der einzelnen Körper nach seyn sollte, aus denen sie zusammengesetzt ist; d. h. der Umfang

fang der Auflösung ist nicht mehr gleich der Summe der Umfänge, welche die Körper vor der Auflösung hatten. Manchmal ist das neuentstandene Gemisch auch wol lockerer, als es der Berechnung zu Folge seyn müßte. Alles dies beweist nicht nur die genaue und innige Vereinigungsart der Stoffe, die sich unter einander auflösen, sondern auch die Verschiedenheit des Gefüges, und der Stellung der Zwischenräume, welche die Körper nach ihrer wechselseitigen Auflösung erhalten.

Beyspiele: Weingeist und Wasser zusammengemischt werden dichter, als sie der Berechnung zu Folge seyn sollten. Es werden ferner dichter: Gold und Silber, Gold und Bley, Gold und Wismuth, Gold und Zink, Silber und Kupfer, Silber und Bley, Silber und Zinn, Silber und Wismuth, Silber und Zink, Silber und Spießglaskönig, Kupfer und Zinn, Kupfer und Zink, Kupfer und Spießglaskönig, Bley und Wismuth, Bley und Spießglaskönig, Quecksilber und Zinn, Quecksilber und Bley, Wismuth und Spießglaskönig, wenn sie zusammengeschmolzen werden.

Es werden lockerer: Gold und Kupfer, Gold und Eisen, Gold und Zinn, Platina und Kupfer, Eisen und Spießglaskönig, Eisen und Wismuth, Eisen und Zink, Kupfer und Bley, Zinn und Zink, Zinn und Bley, Zinn und Spießglaskönig, Quecksilber und Wismuth.

Io. Dav. Hahn diss. de efficacia mixtionis in mutandis corporum voluminibus. L. B. 1751. 4. De densitate mixtorum e metallis et semimetallis factorum, auct. *Christ. Ehreg. Gellert*, in den *comment. acad. petrop. T. XIII.*, p. 382. übers. in Crells neuem chem. Archiv B. VI. S. 318. De densitate metallorum secum permixtorum, auct. *Geo. Wolfg. Kraft*, ebendaselbst T. XIV. S. 252., übers. ebendas. S. 323. Versuche und Beobachtungen über die specifische Schwere und die Anziehungskraft verschiedener Salzarten, — von Rich. Kirwan, a. d. Engl. von L. Crell. Berlin und Stettin 1783. kl. 8. Anmerkungen über die Gußprobe auf Zinn und Bley, von Axel Bergenstierna; in den neuen schwed. Abhandl. B. I. 1780. S. 156., übers. in Crells neuesten Entdeckungen, Th. VIII. S. 162.

§. 172.

§. 172. Es können sich auch mehr als zwey und gleichartige Stoffe unter einander verbinden, und Auflösungen bilden, und auf diese Art vielfach zusammengesetzte Körper hervorbringen. Dies ist die einfachste Art der complicirten Verwandtschaft (§. 161.).

Beyspiele geben: Zusammengeschmolzen Bley, Zinn, Wismuth; Gold, Silber, Kupfer; Weingeist, Wasser und Zucker.

§. 173. Zwey ungleichartige Stoffe, die gegen einander wenig oder gar keine Verwandtschaft haben, können doch vermittelst eines dritten in genaue Verbindung gesetzt, und zur Auflösung gebracht werden, wenn dieser mit beiden erstern nahe genug verwandt ist. Dies ist die zweyte Art der complicirten Verwandtschaft (§. 161.), und sie heißt die **Aneignung** (appropriatio) oder die **aneignende Verwandtschaft** (affinitas appropriata, adiuta); der Körper aber, der die beiden andern mit einander vereiniget, das **Zwischenmittel**, das **aneignende Verwandtschaftsmittel** (intermedium, corpus approprians).

Beyspiele: Oehl und Wasser mit Laugensalz, Schwefel und Wasser mit Laugensalz.

§. 174. Die verschiedenen ungleichartigen Stoffe verbinden sich unter einander nicht mit gleicher Stärke, und äußern gegen einander nicht einerley Verwandtschaft (§. 157.). Man kann daher zwey mit einander verbundene Körper trennen, wenn man einen dritten zusetzt, der mit einem von den beiden vorher verbundenen stärker verwandt ist und sich mit ihm verbindet, und wenn diese neue Verbindung dann keine Verwandtschaft mehr mit dem andern hat,

hit, der dadurch abgeschieden wird. So dient dann die Verwandtschaft der Körper auch zur Zerlegung und Scheidung in ungleichartige Theile; und hieher gehört der oben (§. 158.) angeführte Fall. Diese Art der complicirten Verwandtschaft wird eine einfache **Wahlverwandtschaft** (affinitas electiva simplex) genannt.

Beyspiele siehe oben §. 158.

§. 175. Wenn der abgeschiedene Körper aus der Auflösung als ein fester Körper zum Vorschein kömmt, so heißt diese Verwandtschaft auch die **Niederschlagung**, oder **Fällung** (praecipitatio), der auf diese Art abgeschiedene Stoff ein **Niederschlag** (praecipitatum), und der Körper, der wegen seiner nähern Verwandtschaft den Niederschlag bewirkt, das **Fällungs-** oder **Niederschlagungsmittel** (praecipitans).

§. 176. Man unterscheidet auch hierbey Niederschläge auf **nassem** und **trockenem Wege**. Bey jenen ist die zu trennende Mischung schon an und für sich im Zustande der Flüssigkeit; bey diesen muß sie erst durchs Feuer flüssig gemacht werden.

Beyspiele von Niederschlägen auf trockenem Wege giebt die Scheidung des Spießglasmetalles vom Schwefel durch Eisen; des Bleyes vom Schwefel durch Eisen.

§. 177. Man kennt noch kein allgemeines Gesetz, wornach sich diese Wahlverwandtschaften ereignen, und die Verwandtschaft oder die Stärke der Vereinigung der Körper mit einem gemeinschaftlichen Auflösungsmittel steht weder im Verhältniß ihrer Dichtigkeit; noch im umgekehrten Verhältniß der Zeiten, wobey verschiedene Körper von einem

Auf-

Auflösungsmittel aufgelöst werden, wie Hr. Wenzel glaubt; noch im Verhältniß mit der Menge, in welcher sie aufgelöst werden können, wie Hr. Kirwan behauptet; sondern sie richtet sich nach der eigenthümlichen Natur eines jeden Körpers, und kann nicht anders als durch Erfahrung gefunden werden. Uebrigens hat die Temperatur einen gar großen Einfluß auf den Grad der Verwandtschaft.

Wenzel Lehre von der Verwandtschaft der Körper, Dresden 1782. 8. S. 28; Kirwan Versuche und Beob. St. 2. S. 36.

§. 178. Diese einfachen Wahlverwandtschaften sind sehr wichtig und merkwürdig; und die Natur bedient sich ihrer in ihrer großen Werkstätte täglich, um Verbindung und Scheidung auf mannigfaltige Weise hervorzubringen. Erst in der neuesten Epoche der Naturlehre hat man angefangen, mehrere Erfahrungen mit Genauigkeit und Sorgfalt hierüber zu sammlen, und in Tafeln oder Stufenleitern dieser einfachen Wahlverwandtschaften zu verbinden. Schon im Jahr 1718 entwarf Geofroy die erste, die hernach Gellert, Marherr, Erxleben, Wenzel u. a. m. verbesserten, vorzüglich aber Bergmann dadurch der Vollkommenheit näher zu bringen suchte, daß er Verwandtschaften auf trocknem und nassem Wege gehörig unterschied.

Beyspiel: Stufenleiter der Verwandtschaft der Salpetersäure.

20. Wasser.
19. Silber.
18. Quecksilber.
17. Arsenikkönig.
16. Spießglaskönig.
15. Wismuth.
14. Kupfer.
13. Zinn.

12. Bley.
11. Nickelkönig.
10. Kobaldkönig.
9. Braunsteinkönig.
8. Eisen.
7. Zink.
6. Alaunerde.
5. Bittersalzerde.
4. flüchtiges Laugensalz.
3. Kalkerde.
2. Feuerbeständiges Laugensalz.
1. Schwererde.

Tables des differens rapports observés en chimie entre differentes substances, par Mr. *Geofroy* l' ainé, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1718. S. 202. Eclaircissemens sur la table, par *Geofroy* l' ainé, ebendas. 1720. S. 20. Anfangsgründe zur metallurgischen Chemie, von Cph. Ehreg. Gellert, Leipz. 1751. 8. 1776. 8. Phil. Ambros. Marherr chemische Abhandlungen von der Verwandtschaft der Körper, a. d. Lat. von Ernst Gottfr. Baldinger, Leipz. 1764. 8. Anfangsgründe der Chemie von Joh. Christ. Polyk. Erxleben, Göttingen 1775. 8. Wenzel oben (§. 177.) angeführtes Werk. *Torb. Bergmann* de attractionibus electivis, in seinen *opusculis phys. chemicis Vol. III.* S. 291. ff. Verbesserte Verwandtschaftstafeln habe ich auch meinem Handbuche der Chemie Th. II. B. II. Halle 1790. angehängt.

§. 179. Wenn zwey Körper A und B, deren jeder aus zwey ungleichartigen Stoffen, A aus a und b, B aber aus c und d, zusammengesetzt sind, unter einander in Verbindung kommen, und der Stoff a zu c eine nähere Verwandtschaft hat als zu b, und die Verwandtschaft von c zu a auch stärker ist, als zu d; so muß sich natürlicherweise a und c zu einem neuen Körper C vereinigen; und wenn nun b und d auch Verwandtschaft gegen einander haben, so treten sie ebenfalls zu einem neuen Körper D zusammen. Die Körper A und B verwechseln ihre Bestandtheile gegen einander, und es entstehen zwey neue Körper C und D. Diese Art der complicirten Verwandtschaft wird eine doppelte

Wahl-

Wahlverwandtschaft (affinitas electiva duplex) genannt.

Beyspiele: Kupferkalk in Salpetersäure aufgelöst, wird durch regulinisches Eisen, als regulinisches Kupfer gefällt; Silberkalk in Salpetersäure, aufgelöst zerlegt Kochsalz; salpetersaurer Kalk wird durch luftsaures Laugensalz zersetzt.

Zweytes Hauptstück.

Schwere.

§. 180.

Jeder Körper, welcher unterstützt ist, drückt auf die Unterlage, welche ihn unterstützt, und fällt oder bewegt sich, wenn die Unterstützung weggenommen wird, in einer geraden Linie nach der Erde zu; ohne daß wir eine äußere Ursach dabey wahrnehmen, welche diese Bewegung hervorbrächte.

§. 181. Diese Richtung zeigt einen Faden an, woran ein Körper frey herabhängt; und heißt eine lothrechte, senkrechte oder verticale Linie (linea verticalis). Eine Ebene, worauf sie senkrecht ist, heißt eine wasserrechte oder Horizontalebene (planum horizontale); und eine gerade Linie in dieser Ebene gezogen, eine wasserrechte oder Horizontallinie (linea horizontalis).

§. 182. Dis Bestreben der Körper, in senkrechter Linie gegen den Horizont sich von selbst zu bewegen, wenn sie nicht unterstützt sind; oder nach eben der Linie den Körper, worauf sie ruhen, zu drücken; heißt die Schwere (gravitas), und das Phänomen, das sie äußert, Gravitation.

§. 183. Da auf der Oberfläche einer Kugel keine andere Linie senkrecht steht, als diejenige, welche durch den Mittelpunct der Kugel geht, so müßte auch, wenn die Erde eine kugelrunde Gestalt hätte, die Directionslinie der fallenden Körper verlängert gegen den Mittelpunct der Erde gehen. Da aber die Erde eigentlich keine Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so gehen zwar nicht alle Richtungen der Schwere durch ihr Centrum; in der Praxis aber können wir ohne merklichen Fehler hier die Erde als eine vollkommene Kugel; und wegen der großen Entfernung des Centrums derselben von der Oberfläche die Directionslinien der Schwere benachbarter Körper auch als parallel ansehen.

§. 184. Die Schwere belebt alle Körper, die wir kennen, und sie ist ein allgemeines Phänomen der Körper; aber deswegen mit dem Begriff des Körpers nicht unzertrennlich verknüpft, oder keine nothwendige Eigenschaft, wie einige wähnen. Wenn aber auch alle Körper der Erde schwer sind, so sind wir deswegen noch nicht berechtigt, alle Materie für schwer zu halten, und die unten anzustellenden Untersuchungen werden uns lehren, daß einige Stoffe schlechterdings keine Schwere haben können.

§. 185. Durch die Schwere sind alle irdische Körper mit der Erde verbunden, und können von ihr nicht entfliehen. Durch sie sind aber auch große Weltkörper zu einem System vereinigt.

Newtoni philos. natural. principia mathemat. L. III. Prop. 19. 20.

§. 186. Da die schweren Körper in jeder Richtung und Geschwindigkeit, die mit der der Schwere nicht

nicht übereinstimmt, Widerstand leisten, so muß auch die Schwere eine Kraft genannt werden. Diese Kraft muß aber stets und ununterbrochen wirksam seyn, da wir ihre Wirkungen in den Körpern immer und in jedem Augenblicke wahrnehmen. Die Erfahrung lehrt auch ferner, daß sie an ein und eben demselbigen Orte in einem Körper immer einerley bleibt, und eben so, daß ihre Richtung an einem und demselbigen Orte unveränderlich ist.

§. 187. In Ansehung der Ursach dieser Kraft haben sich die Weltweisen von jeher sehr viel gestritten, und gar nichts gewonnen. Alle diejenigen, welche die Schwere von den Wirkungen einer andern subtilen, flüssigen Materie ableiten, wie **Cartes, Huygens, Bülfinger, Kratzenstein, le Sage**, können bey allen mechanischen Erklärungsarten, von der Art und Weise der Bewegung dieser Materie, uns nicht befriedigen; und immer bleibt, außer andern Schwierigkeiten, dabey noch die Frage übrig, woher hat diese schwermachende Materie ihre Kraft? Andere halten sie für einerley mit der Kraft der Cohärenz, und begreifen beide unter dem gemeinschaftlichen Namen der sogenannten anziehenden Kraft und ihre Phänomene unter dem der Attraction (§. 117.); aber beide sind identisch von einander verschieden, wie ihre Gesetze lehren.

Cartesii princip. philos. L. IV. prop. 19, 20. ff. *Christ. Hugenii* diss. de caussa gravitatis; in seinen operibus reliq. T. I. S. 93. ff., De caussa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis, auct. *Geo. Bernh. Bülfinger*, Paris. 1728. 4. Kratzensteins Vorlesungen über die Experimentalphysik S. 60. Lucrece newtonien, par Mr. *le Sage*, in den Mém. de l'acad. roy. des sc. de Berlin, année 1782. S. 404. ff.

§. 188.

§. 188. Wir müssen eingestehen, daß wir von der Schwere an sich, als Ursach des Phänomens der Gravitation, gar nichts wissen. Wir sehen hiebey nur wieder das Phänomen, und die Ursach davon liegt außer unserer Erfahrung. Der Name Schwerkraft, Kraft der Schwere, soll nicht die Ursach erklären, sondern nur anzeigen, daß wir nach dem Bedürfniß unseres Geistes zu dem sinnlich wahrzunehmenden Phänomen eine wirkende Ursach annehmen, und diese von der Wirkung selbst unterscheiden. Wir wollen uns daher nur darauf einlassen, die Wirkungen der Schwere zu erkennen, um die Gesetze ausfindig zu machen, nach welchen sie wirkt, wenn uns auch gleich die Ursach entgeht, und wir nicht befriedigend erklären können, wie Körper in der Entfernung auf einander zu wirken vermögend sind. Die Ausfindung eines einzigen Gesetzes der Schwere hat weit mehr Verdienst, hat mehr Nutzen gestiftet, als alle Räsonnements über die Ursach der Schwere zusammengenommen.

§. 189. Die Erfahrung lehrt uns, daß verschiedene ungleichartige Körper von einerley Umfang nicht gleich stark nach der Richtung der Schwere drücken. Die Größe dieses Drucks, den ein Körper äussert, heißt das Gewicht (pondus). Gewicht und Schwere müssen nicht mit einander verwechselt werden. Schwere ist die beschleunigende Kraft (§. 82.), in so fern sie auf jedes Atom der schweren Masse wirkt; Gewicht aber ist die bewegende Kraft dieser schweren Masse, oder das Product aus der beschleunigenden Kraft der Schwere durch die Summe der davon afficirten Atome, oder durch die schwere Masse (§. 82. 110.). Hieraus folgt denn, daß die beschleu-

schleunigende Kraft der Schwere einer Masse gleich sey dem Gewicht derselben dividirt durch die schwere Masse.

Wenn wir die beschleunigende Kraft der Schwere f und die Summe der davon afficirten Atomie M nennen, so ist das Gewicht der letztern, oder P = f. M, und P : p = f. M : f. m. Ferner ist f = $\frac{P}{M}$.

In so fern die Schwere eine stetige Kraft ist, und eine gleichförmig beschleunigte Bewegung hervorbringt, und in so fern alle Atome einer Masse von der Schwere afficirt werden, lassen sich auch für die Beschleunigung schwerer Massen folgende Sätze annehmen:

1) Das Product aus dem Gewichte (P, p) durch die Zeit (T, t) ist gleich dem Producte der Masse (M, m) und der Geschwindigkeit (C, c), oder PT = MC, und PT : pt = MC : mc.

2) Die Gewichte mit den Quadraten der Zeiten multiplicirt, sind gleich den Massen mit den durchlaufenen Räumen S, s, multiplicirt, oder $PT^2 = MS$, und $PT^2 : pt^2 = MS : ms$.

3) Die Gewichte mit den Räumen multiplicirt, sind gleich den Massen mit den Quadraten der Geschwindigkeiten multiplicirt, oder $PS = MC^2$, und $PS : ps = MC^2 : mc^2$.

§. 190. Da die Schwere allen gleichartigen Theilen eines schweren Körpers eingepflanzt ist, so kann die beschleunigende Kraft an und für sich weder vermehrt, noch vermindert werden, die Theile mögen vereinigt oder von einander getrennt seyn; das Gewicht hingegen ändert sich nach dem Unterschiede der Quantität der schweren Materie, woraus der Körper besteht.

Wenn wir die Summe aller von der beschleunigenden Kraft der Schwere (f) afficirten Theile eines Körpers M nennen, und annehmen, daß ein Theil m von dieser Masse weggenommen wird, so wird das übrige Gewicht p = f. (M — m) kleiner seyn, als vorher P

oder

oder f. M war; die beschleunigende Kraft aber wird immer dieselbige bleiben, denn $\frac{f.(M-m)}{M-m} = \frac{f.M}{M}$. Eben so muß es auch seyn, wenn in einem Theile m der Masse M die Schwere zu wirken aufhört.

§. 191. Wenn alle Materie schwer wäre, so wären wir berechtigt anzunehmen, daß die Körper, welche mehr Gewicht haben, auch mehr Materie enthielten, oder dichter wären (§. 44.), und umgekehrt; und Masse (§. 41.) und Gewicht wären daher gleichbedeutend. Wenn es aber einige nicht schwere einfachere Bestandtheile der Körper giebt, und wol gar die Kraft der Schwere dadurch auf andere aufgehoben wird, so können dichtere Körper nur in so fern **Körper schwererer Art, schwerartigere Körper** (corpora specifice graviora), und lockere, **Körper leichterer Art, leichtartigere Körper** (corpora specifice leviora) genannt werden, in wie fern jene bey einerley Volum mehr, diese aber weniger **schwere Materie** enthalten. Das Gewicht zeigt also nicht die Summe der materiellen Theile, sondern nur die Summe der von der Schwere afficirten Theile an.

§. 192. Das Gewicht eines Körpers an sich, oder die Ponderosität desselben (wenn ich so sagen darf), läßt sich nicht bestimmen, sondern nur die Verhältnisse des Gewichts der Körper; und man muß daher, um anzugeben, welcher Körper schwererer und welcher leichterer Art sey, das Gewicht eines andern Körpers zur Einheit machen. Im bürgerlichen Leben nennt man die zur Einheit angenommene Größe des Drucks eines Körpers selbst **Gewichte**, z. B. ein Centner, ein Pfund, ein Loth, u. d. gl.

Der Druck eines schweren Körpers gegen das, was ihn unterstützt, überhaupt betrachtet, ohne Rücksicht auf das Volum des Körpers, heißt sein absolutes Gewicht (pondus absolutum).

§. 193. Wenn man aber zwey Körper in Ansehung ihres absoluten Gewichts gegen einander vergleicht, und ein gewisses bestimmtes Volum zum Grunde der Vergleichung setzt, oder ihre Volumina bey gleichem absoluten Gewicht mit einander vergleicht, so erhält man den Begriff von dem eigenthümlichen Gewichte (pondus specificum), oder der eigenthümlichen Schwere (gravitas specifica). Das eigenthümliche Gewicht eines Körpers bezeichnet also das Verhältniß der Quantität der schweren Theile eines Körpers zu einem andern, die in gleich großen Inbegriffen enthalten sind.

§. 194. Es fließen hieraus die Regeln:

1) **Körper von einerley Volum verhalten sich in ihrem eigenthümlichen Gewichte, wie ihre absoluten Gewichte.**

Nennen wir die Volumina zweyer Körper V, v, ihre absoluten Gewichte P, p, und das specifische Gewicht Z, z, und nehmen wir $V = v$, so ist $Z : z = P : p$.

2) **Körper von einerley absolutem Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte umgekehrt wie ihre Volumina.**

Wenn $P = p$, so ist $Z : z = v : V$.

3) Körper von ungleichem Volum und ungleichem absoluten Gewichte verhalten sich in ihrem specifischen Gewichte wie die Quotienten des absoluten Gewichts durch die Volumina.

Es ist überhaupt $Z : z = Pv : pV = \frac{P}{V} : \frac{p}{v}$.

Fall der schweren Körper.

§. 195. Da die Schwere ununterbrochen und stetig auf die Körper wirkt, so viel wir aus Erfahrung wahrnehmen können (§. 186.), so kann auch die Bewegung, welche ein Körper durch die Schwere beym Fall erlangt, keine gleichförmige Bewegung seyn (§. 73.), sondern der fallende Körper muß zu der erhaltenen Geschwindigkeit in jedem unendlich kleinen Zeittheile einen Zusatz erhalten, und folglich mit einer in unendlich kleinen Zeittheilen gleichförmig beschleunigten Bewegung (§. 76.) fallen.

§. 196. Es lassen sich also die oben (§. 76 — 81. angeführten Sätze von der gleichförmig beschleunigten Bewegung der Körper auf den Fall der schweren Körper anwenden. Es folgt aus dieser Anwendung, 1) daß die Räume, welche ein schwerer Körper bey seinem freyen Fall in gleichen aufeinander folgenden Zeitelementen zurücklegt, sich verhalten, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, u. s. f. (§. 80.); 2) daß sich die Räume, welche ein schwerer Körper vom Anfang seiner Bewegung an, durch den freyen Fall zurücklegt, wie die Quadrate der Zeiten, oder der am Ende des Falls erlangten Geschwindigkeiten (§. 81.), und 3) daß die Geschwindigkeiten am Ende des Fallens sich wie die Quadratwurzeln der Räume verhalten.

Denn weil $S : s = T^2 : t^2$ (nach 2) und $T : t = C : c$, so muß auch $C^2 : c^2 = S : s$, und folglich $C : c = \sqrt{S} : \sqrt{s}$ seyn. Galilei hat diese Gesetze des freyen Falles schwerer Körper zuerst entdeckt, die Theorie hiervon entworfen, und durch Versuche mit dem Fall auf der schiefen Ebene zu bestätigen gesucht. M. s. dessen *Dialogus de motu locali.* L. B. 1699. 4.

Riccioli suchte die Wahrheit der galiläischen Sätze mit seinem Gehülfen Grimaldi durch unmittelbare

Versuche zu bestätigen. (M. s. *Riccioli* Almagestum novum, L. II. Cap. 21. Pr. 24.) Er ließ Kugeln aus Kreide, die 8 Unzen wogen, durch genau gemessene Höhen bey einem genauen Zeitmaaße durch ein Pendul fallen, und er fand

in 0 Sec.	50 Tertien	10 Fuß (röm.) Fallhöhe.		
1 ⸗	40 ⸗	40 ⸗		
2 ⸗	30 ⸗	90 ⸗		
3 ⸗	20 ⸗	160 ⸗		
4 ⸗	10 ⸗	250 ⸗		
Ferner				
in 1 Sec.	⸗	⸗	15 ⸗	
2 ⸗	⸗	⸗	60 ⸗	
3 ⸗	⸗	⸗	135 ⸗	
4 ⸗	⸗	⸗	240 ⸗	

Aber diese Resultate treffen ohngeachtet des Widerstandes der Luft, auf welchen doch in der Theorie selbst keine Rücksicht genommen worden ist, so genau mit dieser selbst zusammen, daß schon deshalb mit Recht Mistrauen in die Zuverlässigkeit der Beobachtung gesetzt werden kann.

Die vollkommenste Ueberzeugung gewähren die, mittelbarer Weise durchs Pendul angestellten, Versuche, die in der Folge vorkommen werden.

§. 197. Da die Directionslinie der fallenden Körper auf die Erdkugel senkrecht steht (§. 183.), so kann auch der Raum, den ein Körper beym Fallen durchläuft, durch die Perpendiculärlinie gemessen werden, welche durch den Mittelpunct der Erdkugel geht. Diese Perpendiculärlinie nennt man auch die Höhe der fallenden Körper. Sie ist daher der Raum, welchen ein fallender Körper durchläuft. Da sich beym Fallen der Körper die Räume verhalten wie die Quadrate der Zeiten oder der Geschwindigkeiten (§. 196.), so werden sich auch die Höhen so verhalten müssen. Wenn daher ein Körper in der ersten Secunde durch eine gewisse Höhe gefallen ist, so wird er in zwey Secunden viermal, in drey Secunden neunmal so tief gefallen seyn.

§. 198. Die Erfahrung lehrt, daß ein schwerer Körper bey seinem Fall in unsern Gegenden in der ersten Zeitsecunde eine Höhe von 15,094662 paris. Fuß, oder 15,625 rheinländische Fuß = 15625 Tausendtheilchen eines rheinländischen Fußes durchlaufe.

Diese Fallhöhe in der zur Zeiteinheit genommenen Zeit 1 Secunde hat Huygens mittelbarer Weise durchs Pendul bestimmt. (Horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol. P. IV. pr. 26.)
Die Quadratwurzel von 15625 ist 125.

§. 199. An einerley Ort sind die beschleunigenden Kräfte beym freyen Fall der schweren Körper einerley, ihre schwere Masse mag seyn wie sie will. Die Masse der fallenden Körper kann hier gar nichts zu ihrer Geschwindigkeit beym freyen Falle beytragen; wie es wol sonst scheinen möchte. Nur beym Falle in einem widerstandleistenden Mittel, z. B. in Luft, Wasser, u. d. gl. wird freylich der Körper, der bey gleicher Geschwindigkeit weniger Masse, und also weniger Gewalt hätte, einerley Widerstand mit der geringen Kraft nicht überwinden, den ein anderer mit größerer Kraft überwindet. Ein jeder wird hingegen zugeben, daß in einem freyen Mittel mehrere gleichartige Theile eines Körpers mit gleicher Geschwindigkeit fallen. Warum sollten sie es aber nicht thun, wenn sie einzeln, und nicht zusammen verbunden wären? Alle Körper, große und kleine, leichte und schwere, fallen also, ohne Einfluß ihrer Masse, im freyen Mittel, gleich geschwind.

Dieser Satz folgt aus dem oben (§. 190.) angeführten; und es ist $f = F$, weil $\frac{P}{M} = \frac{p}{m}$ oder $\frac{f \cdot M}{M} = \frac{f \cdot m}{m}$.

Aber

Aber nur an einerley Ort findet dieser Satz statt, weil f, oder die beschleunigende Kraft selbst nach dem Aequator zu ab-, und nach den Polen hin zunimmt, wie nachher bemerkt werden wird.

§. 200. Da sich die Lehre von der gleichförmig beschleunigten Bewegung auf den freyen Fall der Körper anwenden läßt, so folgt auch, daß ein schwerer Körper, der durch den Fall einen gewissen Raum von seiner Ruhe an durchläuft, nach Verlauf eines Zeittheils eine endliche Geschwindigkeit erlangt, mit der er, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, in der eben so großen Zeit den doppelt so großen Raum gleichförmig zurücklegen würde.

§. 201. Da sich die endlichen Geschwindigkeiten schwerer fallenden Körper verhalten wie die Quadratwurzeln der Räume (§. 196. 3.) oder der Höhen, so werden die Räume, welche die fallenden Körper vermittelst der endlichen Geschwindigkeiten in der Zeiteinheit für sich selbst ohne Schwere zurücklegen würden, die man auch die zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeiten nennt, sich wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen verhalten.

Wenn ein Körper in einer Zeitsecunde 15,625 F. durchläuft, so wird er am Ende dieser Zeit eine Geschwindigkeit haben, daß er in eben dieser Zeiteinheit einen Raum von 2. 15,625 = 31,250 Fuß für sich selbst, ohne Schwere zurücklegen würde, oder die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit wird 31,250 Fuß seyn. Wenn nun ein anderer Körper 3 Secunden lang fällt, so wird (nach §. 196. 1.) seine Fallhöhe 9 . 15,625 = 140,625 Fuß seyn; am Ende dieser dritten Secunde wird die zu seiner Fallhöhe für die Zeiteinheit gehörige

Geschwindigkeit $= \frac{2 . 140,625}{3} = 93,750$ Fuß seyn,

oder er wird in der Zeiteinheit, in Einer Secunde, wenn die Schwere nicht weiter auf ihn wirkte, den Raum von 93,75 Fuß, und in 3 Secunden den Raum von 3 . 93,750 = 2 . 140,625 = 281,25 Fuß gleichför-

förmig zurücklegen. Es verhält sich aber 31,250 : 93,750 = 2 √ 15625 ; 2 √ 140625 = 2 . 125 : 2 . 375 = 25 : 75 = 1 : 3, = 1 . 31,250 : 3 . 31,250 = 31,250 : 93,750, also wie das Duplum der Quadratwurzeln der Fallhöhen.

§. 202. Man findet also die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit, wenn man das Duplum der endlichen Geschwindigkeit, die der Körper nach der Zeiteinheit hat, mit der Anzahl der verflossenen Zeiteinheiten multiplicirt.

Wenn ein Körper in der Zeiteinheit, in Einer Secunde 15,625 Fuß fällt, so ist die zu seiner Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit 31,250 Fuß, und wenn er drey Zeiteinheiten, oder 3 Secunden fällt, so ist diese 93,75 = 3 . 31,250 Fuß.

§. 203. Hieraus fließt ferner die kurze Regel zur Bestimmung der zur Fallhöhe gehörigen Geschwindigkeit, d. h. der Räume, welche die Körper nach dem Fall aus einer gewissen Höhe in der Zeiteinheit gleichförmig zurücklegen würden, wenn sie bloß träge wären, und die Schwere nicht weiter auf sie wirkte: Man multiplicire die gegebene Höhe des Falles mit dem in der Zeiteinheit beschriebenen Raum, und aus dem Product ziehe man die Quadratwurzel; diese doppelt genommen, ist die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit.

Wenn wir die zur Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit V, und die Höhe S nennen, und eine Secunde zur Zeiteinheit nehmen, so ist

$$V = 2 \sqrt{(15,625 . S)} = 250 . \sqrt{S}.$$

Wenn ein Körper 1000 Rheinl. Fuß hoch herabfiele, so würde die dazu gehörige Geschwindigkeit am Ende des Falles in der Zeiteinheit, oder einer Secunde, seyn $= 2 \sqrt{(15,625 . 1000)} = 2 . 125 = 250$ Fuß.

Wenn also ein Körper eine Secunde lang, oder 15,625 Fuß hoch und ein anderer 1000 Fuß hoch herabfällt, so verhalten sich die zu diesen Fallhöhen gehörigen Geschwindigkeiten. $V : v = 2 \sqrt{(15,625 . 15,625)}$

625) : 2 √ (15, 625 . 1000) = 2 . 15,625 : 2 . √ 15625 = 2 . 15,625 : 2 . 125 = 31,250 : 250 = 1 : 8 . ; oder es ist V : v = 250 . √ 15, 625 : 250 √ 1000 . = 250 . 125 : 250 . 1000 = 1 : 8.

§. 204. Da die Größe der Bewegung eines widerstehenden, oder durch eine innere Kraft getriebenen Körpers wächst, so wie die Geschwindigkeit zunimmt, und die Gewalt oder die Größe des Widerstandes aus Masse und Geschwindigkeit zusammen ermessen werden muß, so ist leicht einzusehen, daß die Gewalt fallender Körper während des Fallens beständig zunehmen, und sich überhaupt bey gleichen Massen wie die endliche Geschwindigkeit oder die Quadratwurzeln der Höhe verhalten muß. Ein Körper, der viermal so hoch herabfällt, wird also noch einmal so viel Gewalt haben, als ein anderer von eben dem Gewicht, und wenn er neunmal so hoch herabfällt, dreymal so viel Gewalt.

Gesetzt, ein Körper fällt 15,625 Fuß hoch herab, und ein anderer von eben dem Gewicht fällt 62,5 Fuß, so verhalten sich ihre Höhen wie 1 : 4, und ihre endlichen Geschwindigkeiten wie √ 15,625 : √ 62,5 = √ 15625 : √ 62500 = 125 : 250 = 1 : 2, folglich wie die √ 1 : √ 4; oder wie die Quadratwurzeln der Höhen. Da sich nun die Gewalt verhält, wie die endliche Geschwindigkeit, so wird sie sich auch wie die Quadratwurzel der Höhe verhalten müssen, wenn die Gewichte oder die schweren Massen gleich sind.

§. 205. Wenn zwey Körper von verschiedenen Höhen fallen, deren endliche Geschwindigkeiten sich umgekehrt verhalten, wie die schweren Massen; so haben sie gleiche Gewalt.

Ein Gewicht von 3 Pf., das aus einer Höhe von 15,625 Fuß fällt, hat nicht mehr Gewalt als ein Gewicht von 1 Pf., das aus der Höhe von 140,625 Fuß fällt. Denn es sind hier Geschwindigkeit und Massen einander umgekehrt pro-

proportional, oder die Producte daraus sind gleich. Es ist nemlich die endliche Geschwindigkeit von 3 Pf. = $\sqrt{15625} = 125$, und die von 1 Pf. = $\sqrt{140625} = 375$. Sie verhalten sich also wie 125 : 375 = 1 : 3. Da nun die Grösen der Bewegung gleich sind, wenn die Producte aus den Geschwindigkeiten in die Massen gleich sind, so ist auch hier gleiche Gröse der Bewegung, weil 3. 1 = 1. 3.

§. 206. Aus den allgemeinen Gesetzen der Beschleunigung schwerer fallender Körper (§. 196.), und dem Erfahrungssatze im §. 198. läßt sich leicht finden, 1) wie groß der Raum ist, den ein Körper in einer jeden gegebenen Secunde seines Falles durchfällt; 2) wie groß die Höhe ist, von der er herabgefallen ist, wenn die Zeit seines Falles bestimmt worden ist; und endlich 3) wie viel Zeit er gebraucht habe, wenn die Höhe gegeben ist.

Der erste Fall folgt leicht aus dem ersten Satze des §. 196. Für den zweyten Fall ist die Höhe gleich dem Product aus der Quadratzahl der gegebenen Anzahl Secunden in die Fallhöhe der ersten Secunde oder in 15,625 Fuß. Z. B. es fällt ein Körper 4 Secunden lang, so ist seine Fallhöhe $4^2 . 15,625 = 250$ Fuß. Für den dritten Fall zieht man aus dem Quotienten der gegebenen Höhe durch die Fallhöhe einer Secunde die Quadratwurzel, die dann die Zeit in Secunden angiebt; oder die Zeit $T = \sqrt{\frac{S.}{15,625.}}$. Z. B. ein Körper fällt 250 Fuß hoch herab, wie viel Zeit hat er dazu gebraucht? Antw. $\sqrt{\frac{250}{15,625}} = \sqrt{16} = 4$ Secunden.

Wenn durch die Erde hindurch ein Loch gienge, das gerade durch den Mittelpunct der Erde träfe, und die beschleunigende Kraft der Schwere bliebe gleichförmig und es wäre kein Widerstand der Luft u. d. gl. da, so würde ein schwerer Körper, der durch dies Loch durchfiele, wenn wir den Halbmesser der Erde 19615800 paris. Fuß annehmen, in $\sqrt{\frac{19615800}{15,094662}}$ oder nahe 1140 Secunden oder 19 Minuten den Mittelpunct der Erde erreichen; aber er würde, wie §. 208. es lehren wird,

wird, hier nicht stehen bleiben, sondern durch die in dieser Fallhöhe erlangte Geschwindigkeit auf der andern eben so hoch in die Höhe steigen, und von da wieder bis ganz herauf zurückgehen, und dies beständig so fort.

§. 207. Wenn ein Körper durch irgend eine Kraft in lothrechter Linie in die Höhe getrieben wird, so wirkt die Schwere seiner Bewegung entgegen. Zwey einander entgegengesetzte Kräfte aber vernichten sich; und wenn daher die Kraft, welche den Körper in die Höhe treibt, so groß ist, als die bewegende Kraft der Schwere, so kann gar keine Bewegung erfolgen. Wird er aber durch eine größere Kraft mit einer gewissen Geschwindigkeit in die Höhe getrieben, so nimmt, weil die Schwere als eine innere Kraft fortdaurend wirkt, seine Geschwindigkeit eben so rückwärts ab, wie sie von der zu der Geschwindigkeit des Wurfs gehörigen Höhe würde zugenommen haben. Der Körper steigt also mit einer gleichförmig verminderten Bewegung (§. 73.) in die Höhe, und seine Geschwindigkeit, oder die Räume, welche er in gleichen Zeiten zurücklegt, verhalten sich wie die ungeraden Zahlen 17, 15, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 1.

§. 208. Ein Körper also, der durch eine Kraft lothrecht in die Höhe getrieben wird, steigt wegen der Schwere nur zu derjenigen Höhe hinauf, aus welcher er beym Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen könnte, mit welcher er anfangs geworfen wurde.

§. 209. Bey der gleichförmig verminderten Bewegung gelten dieselben Gesetze, wie bey der gleichförmig beschleunigten. Wenn daher der Raum

des

bekannt ist, den ein Körper in der ersten Secunde seines senkrechten Aufsteigens der Schwere entgegen zurücklegt, so läßt sich bestimmen 1) die Geschwindigkeit, mit der er geworfen wird, 2) die Zeit, die er braucht, um seine ganze Wurfsgeschwindigkeit zu verlieren, und 3) die Höhe, zu der er aufsteigt, ehe er seine ganze Geschwindigkeit verliert.

Gesetzt, ein Körper steigt in der ersten Zeitsecunde seines lothrechten Wurfs 9. 15,625 Fuß = 140,625 Fuß hoch auf, so wird er überhaupt 5 Secunden lang, und 5^2. 15,625 = 390,625 Fuß hoch steigen. Denn

in der 1sten Secunde	steigt er	9mal	15,625 F.	=	140,625 F.
2ten	" "	" 7 "	15,625 "	=	109,375 "
3ten	" "	" 5 "	15,625 "	=	78,125 "
4ten	" "	" 3 "	15,625 "	=	46,875 "
5ten	" "	" 1 "	15,625 "	=	15,625 "
folgl. in 5 Secunden	"	25mal	15,625 "	=	390,625 F.

Schwerpunct fester Körper.

§. 210. Man nehme einen dünnen platten Körper und schiebe ihn auf einer Spitze hin und her, so wird man endlich einen Punct finden, in welchem der Körper auf der Spitze ruhet, und durch dessen Unterstützung der Körper vor dem Fallen auf jeder Seite bewahret wird.

§. 211. Dieser Punct heißt der Schwerpunct oder der Mittelpunct der Schwere (centrum gravitatis). Wenn drey schwere Elemente in gerader Linie neben einander, durch Cohäsion mit einander verbunden sind, so sieht man leicht ein, daß die senkrechte Unterstützung des mittlern sie alle vor dem Fall sichern wird, wenn die Cohäsion der Elemente zur Seite des unterstützten durch ihr Gewicht nicht getrennt werden kann. Das schwere Element dißseits und jenseits des unterstützten drückt gleich stark

nach

nach unten, es kann daher keines eher sinken, als das andere, und durch die Cohäsion wird es verhindert, sich loszureißen vom unterstützten. Es bleibt daher das ganze System unterstützt. Ferner leidet die Unterstützung eben so viel Druck, als wenn auf sie ein Gewicht drückte, daß der Summe des Gewichts aller schweren Theile gleich wäre. Es ist also eben so gut, als ob die Schwere aller einzelnen Elemente, oder ob das ganze Gewicht des Systems im unterstützten vereinigt wäre. Eben deswegen nennt man es den Schwerpunct. Es ist leicht einzusehen, daß das, was ich von drey in einer geraden Linie verbundenen schweren Elementen angeführt habe, auch von zweyen gelte, wenn sie in der Mitte der geraden Linie, die sie bilden, senkrecht unterstützt werden; und daß, wenn eine gewisse Anzahl schwerer Elemente des festen Körpers einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben, auch die um Eins größere Anzahl einen gemeinschaftlichen Schwerpunct haben werde, folglich auch bey vier, fünf, sechs, u. s. w. schweren Elementen derselbe angenommen werden könne. Kurz, in jedem festen Körper läßt sich ein Punct annehmen, um welchen herum alle Körpertheilchen auf der einen Seite so viel Gewicht haben, als die auf der entgegengesetzten Seite, und dieser gemeinschaftliche Schwerpunct liegt so, daß, wenn alle Körpertheilchen, die auf der einen Seite liegen, durch ihre Entfernungen davon multiplicirt werden, die Summe dieser Producte gleich ist der Summe ähnlicher Producte für die Theilchen auf der andern Seite desselben.

§. 212. Wenn die schwere Masse eines Körpers durch seinen ganzen Raum gleichförmig verbreitet ist, so haben gleich große Theile desselben auch gleiches

Ge-

Gewicht, und der Mittelpunct der Größe oder der Figur des Körpers wird dann auch sein Schwerpunct seyn. Der Mittelpunct einer solchen Kugel wird also ihr Schwerpunct seyn; bey einem Cylinder und bey einem geraden Prisma wird er in der Mitte der Achse liegen. Sehr dünne Scheiben kann man als schwere Ebenen betrachten, die es freylich im geometrischen Sinne nicht geben kann. In diesem Sinne kann man von dem Schwerpuncte eines Dreyecks, eines Kreises, u. d. gl. reden. Wenn man aus zweyen Winkeln eines Dreyecks auf die Mitte der gegenüber stehenden Seitenlinien gerade Linien ziehet, so ist der Durchschnittspunct dieser Linien der Schwerpunct des Dreyecks; und wenn man aus irgend einem Winkel eines Dreyecks eine gerade Linie auf die Mitte der gegenüberstehenden Seitenlinie zieht, so liegt der Schwerpunct in dieser Linie $\frac{2}{3}$ von dem Winkel entfernt, aus dem man die Linie zog. (Fig. 27.) In einer Pyramide und in einem Kegel liegt der Schwerpunct in der Achse, und zwar in der Entfernung von $\frac{3}{4}$ derselben von der Spitze; in einer Halbkugel $\frac{3}{8}$ in der Höhe der senkrechten Linie aus dem Mittelpunct der Grundfläche gezogen.

Karstens Lehrbegriff der gesammten Mathematik, Th. I. B. II. S. 49. ff.

§. 213. Wenn ein gerader Cylinder, ein gerades Prisma, eine gerade Pyramide, oder ein gerader Kegel, oder eine Halbkugel lothrecht steht, so wird jeder Punct der Grundfläche von dem Gewicht aller Theilchen gedrückt, die sich lothrecht darüber befinden; es ist also eben so viel, als wenn die Grundfläche selbst schwer, und das Gewicht derselben durch den Raum dieser Fläche gleichförmig vertheilt

theilt wäre. Mithin werden auch diese Körper unterstützt seyn, wenn der Mittelpunct ihrer Grundfläche lothrecht unterstützt ist.

Kästners Anfangsgr. der Naturl. §. 39.

§. 214. Wenn der Schwerpunct eines festen Körpers lothrecht unterstützt ist, so kann der Körper selbst nicht herabsinken, und der ganze Körper wird vor den Fall geschützt. Wenn hingegen die Verticallinie vom Schwerpuncte gezogen außerhalb der Unterstützung liegt, so fällt der Körper, und zwar nach der Seite hin, wo der Schwerpunct liegt. Es ist im ersten Falle gar nicht nöthig, daß der Schwerpunct selbst unmittelbar gehalten werde, was in vielen Fällen gar nicht einmal angienge; so kann z. B. bey einer festen Kugel ihr Mittelpunct, wenn er ihr Schwerpunct ist, nicht unmittelbar unterstützt werden, weil die ihn allenthalben umgebende Masse derselben es hindert. Es braucht nur ein Punct A oder B (Fig. 28.) unterstützt zu seyn, der in der Verticallinie AB liegt, welche durch den Schwerpunct C in der Richtung der Schwere geht. In dieser Richtung wird der Schwerpunct durch die Schwere gegen den Horizont zu sollicitirt, und eine Kraft, die dem Gewichte des Körpers in dieser Richtung vollkommen widersteht, wird das Fallen des Schwerpunctes, folglich des ganzen Körpers, verhüten. Diese Richtung ACB heißt die Directionslinie des Schwerpunctes, oder die mittlere Richtung der Gewichte aller schweren Elemente des Körpers.

§. 215. Wenn ein schwerer Körper so aufgehängt wird (Fig. 28), daß der Mittelpunct der Bewegung mit dem Mittelpunct der Schwere C über-

übereinkommt, und der Körper sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht weichen könnte, so wird er in jeder Lage ruhen, und es ist eben so gut, als ob alle übrigen Theile außerhalb des Aufhängungspunctes keine Schwere hätten.

§. 216. Wenn der unterstützte Punct, an welchem der Körper hängt, höher liegt als der Schwerpunct, und z. B. der Körper (Fig. 28.) in dem Puncte A unterstützt wird, so ist der Körper nur dann in Ruhe, wenn der Aufhängungspunct A in einer geraden Linie mit der Directionslinie CB des Schwerpunctes C liegt. Der Körper kann in diesem Zustande des Gleichgewichts sich nicht um A drehen, ohne daß sein Schwerpunct nicht stiege. Bey einer Abweichung, auch bey der geringsten, der geraden Linie AC von der verticalen Richtung wird sich der Körper bewegen, und von selbst in die Lage zu versetzen streben, in welcher AC vertical, oder in der Directionslinie des Schwerpunctes CB ist. Der Schwerpunct eines aufgehängten oder sonst beweglichen Körpers sinkt also immer herab, und zwar so tief als er kann. Er nimmt also unter allen möglichen Stellen jederzeit die niedrigste ein, die er erhalten kann, ohne vorher zu steigen.

Hierauf gründet sich auch die Methode den Schwerpunct mechanisch zu finden.

§. 217. Wenn B der unterstützte Punct ist (Fig. 28.) und niedriger liegt, als der Schwerpunct C, so kann kein beharrliches Gleichgewicht stattfinden, sondern es verursacht die geringste Abweichung der geraden Linie BC von der Directionslinie des Schwerpunctes, daß der Körper umfallen, und sich in eine

an-

andere Lage versetzen muß, worin die Directionslinie seines Schwerpunctes entweder senkrecht unterstützt ist, oder andere Ursachen sein Fallen verhindern.

Eine Kugel kann auf einer wagerechten Ebene in jeder Lage ruhig liegen, weil diese die Directionslinie des Schwerpunctes senkrecht unterstützt; die geringste Abweichung der Ebene von der horizontalen Lage macht, daß die Kugel darauf herabrollt.

Es ist zwar an sich möglich, daß ein Kegel auf seiner Spitze ruhen kann, wenn seine Achse vollkommen lothrecht steht; aber die allerkleinste Abweichung von dieser lothrechten Richtung würde ihn zum Umfallen bringen.

Karstens Anfangsgr. der N. W. §. 42.

§. 218. Wenn die Directionslinie des Schwerpunctes innerhalb der unterstützten Grundfläche eines Körpers fällt, und darauf lothrecht ist, so kann der Körper nicht durch sein eigenes Gewicht umfallen. Wenn aber die Directionslinie außerhalb der unterstützten Grundfläche fällt, so fällt der Körper um, und zwar nach der Seite hin, wohin der Schwerpunct liegt. Es ist im ersten Falle nicht nöthig, daß alle Puncte der Grundfläche unterstützt sind, sondern die unterstützten Puncte brauchen nur die Mittelpuncte einer ebenen geradlinigten Figur auszumachen, wenn man sie mit geraden Linien zusammenzieht, wofern die Verticallinie durch den Schwerpunct oder die Directionslinie desselben eine Stelle der waagerechten Ebene trifft, die innerhalb der Gränzen jener Figur liegt.

Ein Tisch auf drey Füßen steht fest, und fester als auf vieren, weil jene allemal in einerley Ebene fallen, welches bey vieren nicht der Fall ist, wenn der Boden nicht völlig waagerecht, und alle Füße genau gleich lang sind.

Von der Bewegung eines Körpers auf der schiefen Ebene, wo die Directionslinie des Schwerpunctes nicht lothrecht auf die Grundfläche fällt, in der Folge.

§. 219.

§. 219. Aus der Anwendung der Theorie vom Schwerpuncte lassen sich verschiedene Phänomene und Versuche erklären. Dahin gehören;

1) die Erscheinungen des chinesischen Purzelmannes.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. §. 508.

2) Die Einrichtung und Wirkung eines Wegmessers, oder Odometers.

Sigaud de la Fond elemens de Physique T. II. §. 277; dessen Anweisung zur Experimentalphys. §. 128. a.

3) Die Lampe des Cardanus.

Sigau, a. a. O. §. 76.

4) Die Stellung einiger Gebäude, die zu fallen scheinen, und doch sicher stehen, wie z. B. der Thürme zu Pisa und Bologna.

Casatus mechanica. L. B. 1684. 4. I. c. 9.

5) Der Mechanismus des Stehens, Gehens, Aufstehens und der verschiedenen Beugungen bey Menschen und Thieren.

Petri Borelli de motu animalium, Hagae 1743. 4. I. c. 18 - 22. *Desaguliers* course of experimental philosophy. II. §. 44.
Beym Menschen geht die Directionslinie seines Schwerpuncts, wenn er auf zwey Füßen steht, durch das Perinäum.

6) Das Hinaufsteigen eines Cylinders auf einer schiefen Ebene.

Desaguliers a. a. O. II. §. 38. A. G. Kästners Untersuchung des Cylinders, der sich eine schiefe Fläche hinauf zu wälzen scheint; im I B. der deutschen Schriften der königl. Soc. d. W. zu Göttingen S. 113.

7) Ein doppelter Kegel, der über zwey schiefen Flächen hinaufwärts zu rollen scheint.

Geo. Wolfg. Kraft explicatio experimenti paradoxi de adscensu coni duplicis in altum spontaneo; in den *comment. Petrop.* T. VI. S. 389.

8) Die Künste der Balançeurs und Aequilibristen.

Gehlers physikal. Wörterbuch, Th. III. S. 933.

9) Das Aufhängen eines Eimers voll Wasser an der Klinge eines Messers, das frey auf einem Tische liegt.

Sigaud, a. a. O. §. 281.; dessen Anweisung zur Experim. Phys. §. 124.

10) Allerley andere Spielwerke, wie der kleine Seiltänzer von Holz, die kleinen Männchen von Kork unten mit Bley, die von selbst aufstehen, u. d. gl.

Schwenter mathematische Erquickstunden, B. 1. Th. 9. Aufg. 5. 6. 7.

Fall auf der schiefen Ebene.

§. 220. Auf einer festen wagerechten Ebene liegt ein schwerer Körper völlig ruhig, wenn diese Ebene den Schwerpunct des Körpers lothrecht unterstützt. Eine Ebene aber, welche mit einer Horizontalebene einen schiefen Winkel macht, und eine schiefe, geneigte oder inclinirte Ebene (planum inclinatum) genannt wird, hält nur einen Theil dieses Druckes auf, ein anderer Theil treibt den Körper längs der Ebene herab.

Eine Kugel rollt auf einem schiefen Brett herab; ein Würfel glitscht darauf herab. Nöthige Erinnerung, wegen der Friction.

Es sey CB (Fig. 29.) eine geneigte Ebene im Durchschnitt, die unter dem Winkel CBA gegen den Horizont AB geneigt ist. CA ist ihre Höhe, und CB ihre Län-

Länge. Auf dieser geneigten Ebene befinde sich eine schwere Kugel M, deren Schwerpunct f ihr Mittelpunct ist. Die Directionslinie des Schwerpunctes ist nun fc, und weil dieser nicht von der Ebene CB unterstützt wird, so muß die Kugel herabfallen; aber nicht mit der ganzen bewegenden Kraft, sondern nur mit einem Theil derselben, wie aus der Zerlegung der Kräfte (§. 98.) folgt. Die Kraft des Schwerpunctes, die in der Direction fc wirkt, läßt sich zerlegen in die Kraft fg und fb; und fc ist die Diagonale des Parallelogramms, das auf die Seitenkräfte fb und fg aufgesetzt ist. fg steht senkrecht auf CB, und kann also, weil CB vollkommen widerstehend angenommen wird, keine Bewegung der Kugel M hervorbringen; es bleibt folglich nur der Theil fb übrig, der, weil er parallel mit der Ebene CB läuft, von der Ebene keinen Widerstand erleidet, und folglich die Kugel längs der Ebene herabzugehen nöthigt.

§. 221. Je größer die Neigung der schiefen Ebene gegen die Horizontalebene wird, um desto mehr wird der Körper von ihr unterstützt, mit desto geringerer Gewalt fällt folglich der Körper auf ihn herab. Je kleiner aber ihre Neigung gegen den Horizont wird, mit desto größerer Gewalt wird der Körper von ihr herabgetrieben.

Je kleiner der Neigungswinkel CBA (Fig. 29.) wird, um desto mehr nähert sich fc der senkrechten Richtung auf CB, oder um desto mehr kömmt fg der Richtung fc näher, folglich desto kleiner wird fb, oder die Kraft, mit der der Körper auf der Ebene herabfällt.

Je größer CBA wird, desto kleiner wird fg, und desto größer fb.

§. 222. Die Kraft fb (Fig. 29.), welche den schweren Körper M längs der geneigten Ebene CB herabzugehen nöthigt, heißt das relative oder respective Gewicht des Körpers. Denn das absolute Gewicht (§. 192.) desselben wird nur durch den lothrechten Druck fc bestimmt.

§. 223. Die Kraft, welche erforderlich ist, um die Bewegung eines Körpers auf einer schiefen Flä-

che aufzuhalten, braucht natürlicherweise nicht so groß zu seyn, als sein absolutes Gewicht. Sie ist um desto kleiner, je mehr die Ebene geneigt ist; um desto größer, je weniger diese geneigt ist.

Die Kraft, welche nöthig ist, um das Herabrollen von M (Fig. 29.) auf der schiefen Ebene CB zu verhüten, braucht nur der Kraft cb, die kleiner ist als fc, Widerstand zu leisten, weil fg an der Ebene CB Widerstand findet.

§. 224. Ueberhaupt verhält sich das relative Gewicht eines Körpers (§. 222), das den Körper längs der schiefen Ebene herabtreibt, zu seinem absoluten Gewicht, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Versuche mit dem plano inclinato.

Wenn wir das relative Gewicht eines Körpers p, das absolute P, die Länge der schiefen Ebene L und ihre Höhe A nennen, so ist $p : P = A : L$, folglich $p = P \times \frac{A}{L}$, und überhaupt für verschiedene Ebenen $p : \pi = \frac{A}{L} : \frac{a}{l}$.

Es ist nemlich das Dreyeck fcb dem Dreyeck CBA ähnlich, weil der Winkel fcb dem Winkel CBA, und der Winkel cfb dem Winkel ACB gleich ist. Es verhält sich aber $fb : fc = CA : CB$, oder das relative Gewicht fb zum absoluten Gewicht fc, wie die Höhe der schiefen Ebenen CA zu ihrer Länge CB.

§. 225. Ein schwerer Körper fällt auf der schiefen Ebene nach denselbigen Gesetzen, wie beym freyen Falle; seine Bewegung ist ebenfalls eine gleichförmig beschleunigte, und die längs der schiefen Ebene zurückgelegten Wege verhalten sich ebenfalls, wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten. Die beschleunigende Kraft der Schwere ist aber dabey vermindert, und sie verhält sich zur unverminderten Kraft der Schwere, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wenn

Wenn wir die beschleunigende Kraft der relativen Schwere φ und die der absoluten f nennen, so ist $\varphi : f = A : L$, und überhaupt $\varphi = \frac{f.A}{L}$. Eben darin, daß die beschleunigende Kraft der Schwere auf der schiefen Ebene vermindert ist, ist der Grund zu suchen, daß das relative Gewicht kleiner ist, als das absolute. Denn, wenn gleich die Summe der von der Schwere afficirten Theile oder M dieselbige bleibt, so muß doch das Produkt aus diesen Theilen durch die beschleunigende Kraft kleiner werden, wenn diese kleiner wird. Weil nemlich $\varphi < f$, so muß $\varphi . M < f . M$ oder $p < P$ seyn.

§. 226. Weil also die beschleunigende Kraft der Schwere beym Fall auf der schiefen Ebene vermindert wird, so wird auch der Raum, den ein Körper in der Zeiteinheit auf der schiefen Ebene zurücklegt, kleiner seyn, als die senkrechte Fallhöhe in dieser Zeiteinheit; und es wird sich den Raum, den ein Körper auf der schiefen Ebene in einer gewissen Zeit zurücklegt, zu dem Raum des freyen Falles in eben dieser Zeit verhalten, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge.

Wegen der größern Zeit, die also ein Körper braucht, um gleiche Räume auf der schiefen Ebene, als beym freyen Fall zurückzulegen, lassen sich auch die Zeiten des Falles auf der geneigten Ebene bequemer beobachten; und so bediente sich Galilei dieses Verfahrens, um die von ihm entdeckten Gesetze des Falles schwerer Körper zu bestätigen (§. 196.). S. dessen *Dialogi de motu locali III.* S. 57.

Gesetzt, daß die Ebene CB eine Länge von 25 Fuß bey einer Höhe CA von 2½ Fuß hätte, so würde die von der relativen Schwere herrührende beschleunigende Kraft zur absoluten sich verhalten, wie 2½ : 25 = 1 : 10. Die beschleunigende Kraft der relativen Schwere würde diesemnach den Körper $\frac{15,625}{10}$ Fuß = 1,5625 in der Secunde herabtreiben; und es würden (nach §. 196.) $\sqrt{\frac{25}{1,5625}} = \sqrt{16}$ Secunden, oder 4 Se-

cun-

cunden Zeit verfließen, ehe der Körper den ganzen Weg auf der schiefen Ebene zurückgelegt hätte.

§. 227. Da die Fallhöhe eines schweren Körpers in einer gegebenen Zeiteinheit bestimmt ist (§. 198.), so läßt sich auch der Raum bestimmen, den ein Körper in eben derselben Zeit, die er beym lothrechten Fall verwendet, auf einer gegebenen schiefen Fläche durchlaufen wird.

Es sey CB (Fig. 30.) eine schiefe Ebene, deren Höhe durch CA vorgestellt ist. Wenn man nun aus dem rechten Winkel A, der durch die Höhe CA, und die Horizontallinie AB gebildet wird, das Perpendikel AF auf die schiefe Ebene CB fället, so wird der Körper, wenn er frey von C nach der Verticallinie CA herabfiele, diese ganze Höhe CA beym freyen Fall in eben der Zeit durchlaufen, in der er beym Fall auf der schiefen Ebene vom Scheitel C nach F gelangt. Denn es verhält sich (§. 226.) der Raum, den der Körper in einerley Zeit auf der schiefen Ebene zurücklegt, zur freyen verticalen Fallhöhe, wie die Höhe der schiefen Ebene CA zu ihrer Länge CB. Es ist aber CF : CA = CA : CB, weil die Perpendikellinie AF zwey ähnliche Dreyecke CAF und CBA giebt, woraus man die Proportion CA : CB = CF : CA bekömmt.

Wird der Neigungswinkel der Ebene größer, und [illegible] CGA, so würde der Körper den Theil CH > CF in eben der Zeit auf der schiefen Ebene CG zurücklegen, da er beym verticalen Fall im freyen CA durchlaufen würde.

Wenn also drey Körper zu gleicher Zeit von einem und demselben Puncte C ausgiengen, der eine nach der Richtung CA, der andere nach der Richtung CG, und der dritte nach der Richtung CB, so würden sie zu einerley Zeit, der erste in A, der zweyte in H, und der dritte in F anlangen.

§. 227. b. Man beschreibe auf der gemeinschaftlichen Höhe der beiden schiefen Flächen CB und CG (Fig. 31.) einen Kreis, der die Höhe CA dieser Flächen zum Durchmesser hat, so werden CF und CH Sehnen dieses Kreises seyn, und nach dem vorhergehenden §. wird der schwere Körper diese Sehnen in

in eben der Zeit durchlaufen, da er den verticalen Durchmesser CA durchläuft. Es läßt sich dis von jeder andern Sehne dieses Kreises beweisen, und folglich der Satz annehmen, daß ein schwerer Körper, der sich nach irgend einer Sehne eines Halbkreises bewegt, die Sehnen im Halbkreise in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises beym freyen Fall durchlaufen wäre.

Sigaud a. a. O. I. §. 213.

§. 228. Ein Körper, der sich längs der schiefen Fläche CB (Fig. 30.) bewegt, hat am Ende seines Falles in dieser geneigten Richtung eben die Geschwindigkeit, die er erhalten würde, wenn er von der lothrechten Höhe CA dieser Fläche herabgefallen wäre.

Wenn z. B. CB 5 mal länger wäre, als CA, so würde die beschleunigende Kraft der relativen Schwere (nach §. 225.) $\frac{1}{5}$ der absoluten oder lothrechten seyn, und der Körper würde in der ersten Secunde $\frac{15{,}625}{5} = 3{,}125$ Fuß darauf herabfallen, und in derselben eine Geschwindigkeit von $2 . 3{,}125 = 6{,}250$ Fuß erlangen. Wenn nun CB 28,125 Fuß lang wäre, so würde die Zeit, um diese ganz zu durchlaufen, $\sqrt{\frac{28{,}125}{3{,}125}} = 3$ Secunden betragen (§. 206. 3.); und die zu dieser Fallhöhe gehörige Geschwindigkeit würde (nach §. 202.) $3 . 6{,}250 = 18{,}750$ Fuß seyn.

Da wir CA $\frac{1}{5}$ der Länge CB angenommen haben, so wird die Höhe CA 5,625 Fuß, und die Zeit, diese lothrechte Höhe zu durchfallen, wird $\sqrt{\frac{5{,}625}{15{,}625}} = 0{,}6$ Secunden seyn. Binnen 0,6 Secunden wächst aber die Geschwindigkeit beym lothrechten Fall auf $0{,}6 . 31{,}250 = 18{,}750$ Fuß, also eben so viel, als vorhin, an.

Karstens Lehrbegr. der ges. Mathem. Th. I. B. II. §. 60. der Mechanik.

§. 229.

§. 229. Wenn ein schwerer Körper auf mehreren aneinander hängenden schiefen Ebenen hinunter fällt, so daß er bey dem Uebergang von der einen zur andern nichts von seiner erlangten Geschwindigkeit durch eine andere Ursach verliert, so hat er am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit, als er erlangt haben würde, wenn er nach der lothrechten Richtung in der Höhe von dem Scheitel der ersten schiefen Ebene bis zur Grundlinie der letzten herabgefallen wäre; oder als ob er auf einer schiefen Ebene, die von dem Scheitel der ersten bis zum untersten Puncte der letzten gelegt ist, herabgesunken wäre.

Es bewege sich ein schwerer Körper durch die aneinander gränzenden schiefen Ebenen (Fig. 32.) AB, BC und CD, so ist am Ende der ersten Ebene AB seine darauf erhaltene Geschwindigkeit eben so groß, als ob er vertical durch AE fiele (§. 228.). Wenn er die Ebene BC durchläuft, so ist seine erlangte Geschwindigkeit so groß, als ob er die senkrechte Höhe dieser Ebene BF = EH durchfallen wäre, und bey seinem Fallen auf der dritten schiefen Ebene wird er die Geschwindigkeit erhalten, als ob er durch die Höhe derselben CG = HI gegangen wäre. Seine erlangten Geschwindigkeiten auf diesen schiefen Ebenen sind also gleich den durch die Höhen AE + EH + HI beym senkrechten Fall erlangten Geschwindigkeiten. Diese Höhen machen aber zusammen die lothrechte Linie AI vom Scheitel A der ersten schiefen Fläche bis zur Grundlinie der untersten aus. Eben diese Geschwindigkeit würde (nach §. 228.) der Körper auch erhalten, wenn er längs AD herabfiele.

Sigaud a. a. O. I. §. 217.

§. 230. Hieraus folgt denn auch, daß ein schwerer Körper, der in eine krumme Linie hinabfällt, am Ende seines Falles eben die Geschwindigkeit erlangt, als wenn er von dem Puncte an, von dem er sich zu bewegen anfängt, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punct der krum-

krummen Linie gezogen werden kann, herabfiele, oder auch als wenn er durch die Chorde des Bogens nie derginge.

Jede krumme Linie läßt sich nemlich so ansehen, als ob sie aus unendlich kleinen, einen Winkel einschließenden, geraden Linien bestände, und also als die Durchschnittslinien aneinander gränzender schiefen Ebenen. Folglich wird sich auch der vorige Satz (§. 229.) darauf anwenden lassen. Gesetzt, der Körper fällt in der krummen Linie ABCD herab, so wird er diesemnach in D die Geschwindigkeit erlangt haben, die er durch den lothrechten Fall von AI = aD oder auch durch die Chorde AD des Bogens ABCD erhalten würde. (Fig. 32.)

§. 231. Wenn ein schwerer Körper durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt worden ist, und eine schiefe Ebene hinanfwärts zu gehen genöthigt wird, so wird er mit einer gleichförmig verminderten Bewegung hinaufsteigen, und es wird nach dem bisher Vorgetragenen alles das, was oben von dem senkrechten Aufsteigen schwerer Körper (§§. 207 — 209.) gesagt worden ist, sich in Beziehung auf die schiefe Ebene anwenden lassen.

Karstens Anfangsgr. d. N. W. §. 77. 78.

Pendul.

§. 232. Ein schwerer Körper, der an irgend einer Stelle, die nicht mit seinem Schwerpunct übereinkömmt, an einem festen Puncte so aufgehängt wird, daß er sich um diese Stelle frey drehen kann, heißt ein Pendul (pendulum).

Eine Kugel, die an einem zarten Faden hängt; eine Stange, die oben um ein Stift beweglich ist, oder an einem biegsamen Metallplättchen befestigt ist, können Beyspiele abgeben.

§. 233. Wir können uns vorstellen, daß zwar der Punct B (Fig. 33.) von der beschleunigenden Kraft

der

der Schwere getrieben werde, daß aber die Linie CB, durch die er an dem Puncte C aufgehängt ist, selbst nicht schwer und doch unbiegsam sey. Ein solches eingebildetes Pendul heißt dann ein einfaches oder mathematisches Pendul (pendulum simplex). Ein zusammengesetztes Pendul (pendulum compositum) hingegen ist ein solches, wo mehrere schwere Puncte an der nicht schweren Linie übereinander aufgehängt angenommen werden, oder wo diese Linie selbst schwer ist.

§. 234. Wenn das durch die Schwere afficirte Pendul ruhen soll, so kann es nur in der Lage seyn, worin die Richtung des Fadens auf dem Horizont senkrecht ist (§. 216.); oder sich selbst überlassen kann es nur dann ruhen, wenn sich sein Schwerpunct gerade unter dem Aufhängungspuncte in der lothrechten Linie durch diesen Punct befindet.

§. 235. Wird das Pendul aus der lothrechten Lage gebracht, und sich selbst überlassen, so fällt es in einem Kreisbogen wieder hinab. Ist es nun wieder bey diesem Hinabfallen zur senkrechten Richtung gekommen, so hat es durch diesen Fall eine Geschwindigkeit erhalten, als ob es von dem Puncte an, von dem es zu fallen anfing, lothrecht auf die Horizontallinie, die durch den untersten Punct der krummen Linie gezogen werden kann, herabgefallen wäre (§. 230.); es muß also mit der erlangten Geschwindigkeit auf der andern Seite wieder im Bogen eben so hoch steigen, wo es sich dann endlich wie vorher in eben denselbigen Umständen befindet, und daher wie das erstemal den Bogen in umgekehrter Richtung durchlaufen, und sich also beständig hin und her be-

wegen muß. Diese abwechselnde Bewegung nennt man eine **Schwingung** oder **Vibration** des Penduls (oscillatio, vibratio penduli).

Es sey CB (Fig. 33.) ein einfaches Pendul, und der Punct B werde von der Schwere afficirt. Gesetzt, es wird das Pendul aus der verticalen Lage in die geneigte Cb gebracht, und sich selbst überlassen, so muß es ja von selbst in Bewegung kommen, weil der schwere Punct nicht mehr lothrecht unterstützt ist (§. 216.). Der schwere Punct gravitirt in der Richtung bq, und der Faden widersteht in der Richtung Cb. Man verlängere Cb nach r, setze fb auf Cb senkrecht, ziehe qr mit fb, und fq mit br parallel, so wirkt die Gravitation eben so, als wenn sie der Erfolg zweyer andrer Kräfte bf und br wäre, die sich gegen die Kraft der Schwere des Punctes, wie die Seitenlinien bf und br des Parallelogramms, das darauf errichtet ist, zur Diagonallinie bq verhalten. Die Kraft br kann keine Bewegung hervorbringen, da ihr der Faden bc vollkommen widersteht, und sie kann nur den Faden dehnen; es kann also nur die Kraft bf wirken, und Bewegung hervorbringen. Da aber der Faden den schweren Punct immer in gleicher Entfernung von C erhält, so wird der bewegte Punct, von der Richtung der Tangente bf beständig abgelenkt, und genöthigt einen Kreisbogen zu beschreiben.

Gesetzt, der schwere Punct ist bey dieser Kreisbewegung bis m fortgerückt, so wird, weil die Gravitation sich gleich bleibt, und also mq = bq angenommen werden muß, mf kleiner werden, als bf war, und diese Seitenlinie mf wird immer um desto kleiner werden müssen, je näher der schwere Punct der niedrigsten Stelle B kömmt. Der Druck nach bf ist also eine veränderliche Größe, und verschwindet ganz, wenn der schwere Punct in B anlangt. Dieser wird also durch eine veränderliche Kraft beschleunigt, und weil sie in der Richtung der Tangente immer mehr und mehr abnimmt, so wird auch die in gleichen Zeittheilchen hinzukommende Vermehrung der Geschwindigkeit immer geringer, bis sie endlich ganz wegfällt, wenn der schwere Punct in B angelangt ist. In diesem Augenblick aber hat er durch den Fall in der krummen Linie bB im Ganzen eine Geschwindigkeit erlangt, als er durch den Fall von A in lothrechter Richtung nach B erhalten haben würde (§. 230.), und der schwere Punct strebt solchergestalt nach der Tangente von B weiter in der horizon-

rizontalen Richtung mit der erlangten Geschwindigkeit fortzugehen. Da aber der Faden diese geradliniate Richtung hindert, und ihn nöthigt, alle Augenblicke seine Richtung, die er nach der Tangente haben würde, zu ändern, so muß er wieder im Kreisbogen Bβ steigen. Da er aber hier eine schiefe Fläche hinaufsteigt, so wird seine Geschwindigkeit eben so rückwärts abnehmen, als sie beym Fall von b nach B zunahm. Gesetzt, er sey bis n gelangt, so wird nf hier die Kraft vorstellen, die der Bewegung des B nach β entgegen wirkt; diese Kraft wird an jeder Stelle der Bewegung von B noch nach β immer größer werden, je näher n nach β kömmt, und in β so groß seyn, daß die durch den Fall von b nach B erhaltene Geschwindigkeit endlich ganz verschwunden ist, weil der schwere Körper nur zu derjenigen Höhe hinaufsteigen kann, aus der er beym Herabfallen die Geschwindigkeit erlangen konnte, mit der er anfangs geworfen wurde (§. 208.). Auch ist leicht einzusehen, daß die steigende Bewegung von B nach β eben so viele Zeit erfordern werde, als nöthig war, von b nach B zu fallen.

Karstens Anf. der N. W. §. 81 ...

§. 236. Der Fall des Penduls (Fig. 33.) durch den Bogen bB, und das Aufsteigen durch Bβ, heißt ein halber oder auch ein einfacher Schwung (oscillatio dimidiata, simplex); der Gang durch den ganzen Bogen bβ und der Rückgang von β bis b, oder bis zum vorigen Puncte, von dem es ausging, ist ein ganzer oder zusammengesetzter Schwung (oscillatio composita). Schwingungen, die in gleichen Zeiten vollendet werden, heißen isochronisch (oscillationes isochronae). Die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit, hängt von dreyerley Umständen ab, nemlich 1) von der Größe des Elongationswinkels bCB; 2) von der Länge des Penduls, die beym einfachen Pendel von der Entfernung des Aufhängungspuncts C vom schweren Puncte B gerechnet wird; und 3) von der beschleu-

nis

hindert Kraft der Schwere, die nicht an allen Stellen der Erdkugel gleich groß ist.

§. 237. **Bey zwey Penduln, die gleichen anfänglichen Elongationswinkel (§. 236.) und gleiche Schwere, aber ungleiche Länge haben, verhalten sich die Schwingungszeiten, wie die Quadratwurzeln der Längen, und folglich die Längen der Pendul wie die Quadratzahlen der Schwingungszeiten.**

Wenn wir die Schwingungszeiten T, t, und die Längen der Pendul L, l, nennen, so ist

$T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l}$, folglich

$T^2 : t^2 = L : l$; also $L : l = T^2 : t^2$.

Man setze nemlich zwey einfache Pendul (Fig. 34.), deren Längen BC und AC sind, und die bey gleichem anfänglichen Elegationswinkel $\beta CB = \alpha CA$ in Bewegung gesetzt werden. Die respectiven Bogen βB und αA, die sie bey ihrem Schwunge beschreiben, sind die Räume, die sie durchlaufen. Da dies nun eben, so eine beschleunigte Bewegung hervorbringt, als ob sie längs der Chorde des Bogens niederfielen (§. 230.), in diesem Falle aber sich die zurückgelegten Räume wie die Quadratzahlen der verflossenen Zeiten verhalten (§. 225.), so werden sich auch die Räume βB und αA so verhalten müssen. Es ist aber nach geometrischen Sätzen $\beta B : \alpha A = \beta C : \alpha C$. Da sich nun βB zu αA wie die Quadrate der Zeiten verhält, so wird auch $\beta C : \alpha C = T^2 : t^2$ seyn; βC und αC aber stellen die Längen der Pendul vor, also ist $L : l = T^2 : t^2$, und also $T : t = \sqrt{L} : \sqrt{l} = \sqrt{\beta C} : \sqrt{\alpha C}$. In der doppelten Zeit wird also der vierfache, in der dreyfachen Zeit der neunfache Raum beschrieben werden. Nun ist der Raum βB viermal so groß, wenn der Radius βC viermal so lang ist, und dieser vierfache Raum wird also in der doppelten Zeit beschrieben werden; der Schwung wird also doppelt so lange dauern, wenn die Länge des Penduls viermal, dreymal so lange, wenn die Länge neunmal größer ist, als die eines andern; also verhält sich die Länge der Pendul, wie die Quadratzahlen der Zeiten, worin sie schwingen, und folglich die Dauer der Schwingung, oder die Schwingungszeit, wie die Quadratwurzel der Länge.

Ein Pendul also, das zu Paris, um einen Schwung binnen 1 Secunde zu vollenden, 9 Zoll 2½ Lin. pariser lang seyn müßte, muß, um eine Secunde zum Schwunge

ge zu brauchen 3 Fuß 8½ Lin. = 440,57 Linien, und um Schwingungen zu machen, die 2 Secunden dauren, 12 Fuß 10 Linien lang seyn.

§. 238. Die Zahl der Schwingungen eines Penduls sind in umgekehrtem Verhältniß der Schwingungszeit, oder der Dauer der Schwingungen, und also auch im umgekehrten Verhältniß der Quadratwurzeln der Länge des Penduls.

Es ist nemlich die Zahl der Schwingungen (N, n) desto grösser, je kleiner die Dauer des Schwunges, oder die Schwingungszeit (T, t); folglich verhält sie sich verkehrt wie diese, oder es ist

$$N : n = \frac{1}{T} : \frac{1}{t}.$$

Da sich nun die Schwingungszeiten verhalten, wie die Quadratwurzeln der Länge (§. 237.), so werden sich auch die Zahlen der Schwingungen umgekehrt verhalten müssen, wie die Quadratwurzeln der Längen; diesemnach ist

$$N : n = \frac{1}{\sqrt{L}} : \frac{1}{\sqrt{l}}; \text{ und } N^2 : n^2 = \frac{1}{L} : \frac{1}{l}.$$

Da $N = \frac{1}{T}$, so wird auch $\frac{1}{\sqrt{L}} = \frac{1}{T}$, und daher $T = \sqrt{L}$ seyn, wie es §. 237. giebt.

§. 239. Da ein durch die Schwere getriebener Körper die Chorde eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, in der er den senkrechten Durchmesser des Kreises beym freyen Fall durchlaufen wäre (§. 227. b.); so würde der schwere Punct, in der Zeit, da er durch die Chorde βB (Fig. 35.) geht, die doppelte Länge des Penduls 2BC = DB durchlaufen, und in der eben so großen Zeit, da er beym Hinaufsteigen durch Bb geht, abermals durch 2BC fallen, folglich in der Zeit eines ganzen Schwunges die 8fache Länge des in Chorden schwingenden Penduls durchlaufen. Wenn ferner ein Pendul sich nicht durch Kreisbogen, sondern durch ihre Chorden bewegte, so wür-

würden alle seine Schwingungen isochronisch seyn. (§. 227. b.)

§. 240. Wenn ein Pendul durch Kreisbogen unter verschiedenen Elongationswinkeln schwingt, so sind die Geschwindigkeiten, die es erlangt, wenn es beym niedrigsten Puncte angelangt ist, wie die Sehnen der durchlaufenen Bogen.

Ein Pendul CB (Fig. 36.) durchlaufe den Bogen βB, dessen Sehne die gerade Linie βB ist; man ziehe βE senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit beym Fall aus β in B gleich der aus E in B (§. 228.). Die Geschwindigkeit des Falles aus E nach B, ist zu der aus D in B, wie die Quadratwurzel von EB zu der von DB (§. 196. 3), das ist nach geometrischen Gründen, wie Bβ zu DB. Ferner ziehe man αF senkrecht auf CB, so ist die Geschwindigkeit aus α in B so groß, als beym lothrechten Fall durch FB. Die Geschwindigkeit des Falles aus FB aber ist zu der aus DB wie die Quadratwurzel von FB zu der von DB, das ist wie αB zu DB. Folglich ist die Geschwindigkeit aus α in B zu der aus β in B, wie die Chorde αB zu der Chorde βB.

§. 241. Die Bestimmung der Zeiten und ihrer Verhältnisse zu den Räumen beym Fall auf vorgeschriebenen krummen Linien würde hier zu weitläufig werden und mehr voraussetzen, als es hier thunlich ist; daher genügt es, nur die Resultate der Untersuchungen der Mathematik über die Pendul anzuführen. Diese lehren nemlich, daß, wenn ein Körper (Fig. 36.) durch den Bogen βB eines Kreises fällt, welcher DB = S zum Durchmesser hat, und (nach §. 206. Anm.) die Zeit des Falles in der verticalen Richtung durch den Durchmesser durch $\sqrt{\frac{S}{g}}$ ausgedrückt wird, (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Raum bedeutet,) dazu eine Zeit erfordert werde, welche durch das Product der unendlichen

chen Reihe $1 + \frac{1}{4}\frac{BE}{S} + \frac{9}{64}\frac{BE^2}{S^2}$ — — — in $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$ angegeben wird, wo π die Ludolphischen Zahlen 3,141592 .... für die Peripherie des Kreises vom Durchmesser 1 bedeutet. Durch den Quadranten GB wird die Höhe BE zu BC $= \frac{1}{2}$ S; folglich verwandelt sich die Zeit des Fallens durch diesen Quadranten in

$$(1 + \frac{1}{4}\cdot\frac{1}{2} + \frac{9}{64}\cdot\frac{1}{4}\ldots)\,\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}.$$

Da $\frac{1}{4}\pi = 0,785398\ldots$ mit jener Reihe multiplicirt noch nicht völlig 1 giebt, so sieht man leicht, daß die Zeit des Fallens durch den Quadranten des Bogens kleiner ist als $\sqrt{\frac{S}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmesser DB. Da ein schwerer Körper die Sehne eines Halbkreises in eben der Zeit durchläuft, als er durch den senkrechten Durchmesser des Kreises fällt (§. 227. b.), so ist auch die Zeit des Fallens durch den Quadranten GB kleiner, als durch die Sehne GB.

Wird nun der Bogen unendlich klein, und γB dafür angenommen, so verwandelt sich jene Reihe in 1, und die Zeit des Fallens durch denselben in $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}}$, und daraus folgt denn der Satz: die Zeit des Fallens in unendlich kleinen Bogen des Halbkreises verhält sich zur Zeit des senkrechten Fallens durch den Durchmesser des Kreises, wie der vierte Theil des Umkreises zu desselben Durchmesser.

Neue

Nennen wir also die Zeit des Fallens durch eines Halbkreises unendlich kleinen Bogen, t, und die durch den lothrechten Durchmesser, T, so ist $t : T = \frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{S}{g}} : 1 . \sqrt{\frac{S}{g}}$, $= \frac{1}{4}\pi : 1$, oder nahe wie $\frac{355}{4} : 113$, oder wie $0{,}785 : 1{,}000$.

§. 242. Da alle Sehnen eines Halbkreises in eben der Zeit von einem schweren Körper durchlaufen werden, so wird auch die Bewegung durch die unendlich kleine Sehne γB so lange dauren, als der lothrechte Fall durch DB; folglich fällt der Körper (§. 241.) durch den unendlich kleinen Bogen $\gamma\beta$ in kürzerer Zeit, als durch die verschwindende Sehne desselben; und es verhält sich die Zeit des Fallens durch den verschwindenden Bogen zur Zeit des Fallens durch die verschwindende Sehne, ebenfalls wie der vierte Theil des Umkreises zum Durchmesser. Die Schwingungen durch Kreisbogen sind also schneller, als durch Sehnen.

§. 243. Wenn wir nun den Satz des §. 241. von der Zeit des Fallens in einem unendlich kleinen Bogen eines Halbkreises auf den ganzen Schwung eines Pendels anwenden, so wird die doppelte Länge des Pendels CB zu dem Durchmesser des Kreises genommen werden müssen, — indem der unendlich kleine Bogen γB einem Kreise vom Halbmesser CB zugehört. Da nun ein ganzer Schwung aus dem Fall in den Bogen $\gamma\beta$, dem Hinaufsteigen in einen eben so großen Bogen auf der andern Seite, und dem Rückgange von da bis γ besteht, also aus vier solchen Gängen, als der Bogen $\gamma\beta$ beträgt; so wird sich diesemnach die Zeit eines unendlich kleinen ganzen Schwunges zur Zeit des freyen Falles

durch die doppelte Länge des Penduls, wie der Umkreis zum Durchmesser verhalten.

Es ist also $t : T = \pi \sqrt{\frac{S}{g}} : 1 \sqrt{\frac{S}{g}} = \pi : 1 =$ 3,141592 . . . : 1,000000.

§. 244. Wenn die Schwingungsbogen von einer merklichen Größe werden, so wird auch die Zeit des Schwunges größer werden, und also nicht mehr in demselbigen Verhältnisse bleiben. Wenn indessen die Bogen sehr klein sind, so bleiben die Unterschiede sehr klein, und die Schwingungen des Penduls sind merklich isochronisch.

Folgende Tabelle zeigt die Zögerung, die aus der Zunahme der Schwingungsbogen bey einem und demselben Secunden-Pendul an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Secundenpendul, das mathematisch genommen unendlich kleine Bogen beschreibt, entsteht. Die Zunahme der Bogen ist nach der Breite eines einfachen Schwunges bestimmt, und die Länge des Penduls zu 3 Fuß 8 Lin. (paris.)

Einfacher Schwung. Zoll.	Linien.	Tägliche Verzögerung. Secunden.
0.	4.	0,1.
0.	8.	0,5.
1.	0.	1,0.
1.	4.	1,8.
1.	8.	2,8.
2.	0.	4,0.
2.	4.	5,5.
2.	8.	7,1.
3.	0.	9,0. u. s. w.

wie man leicht weiter finden kann, wenn man die Zahl der Zolle mit sich selbst multiplicirt, da denn das Product die Secundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdrückt. Wenn also ein Pendul nur in der Breite von 8 Linien, oder auf jeder Seite 4 Linien schwingt, so ist es kein wahres Secundenpendul, da es täglich $\frac{1}{2}$ Secunde zurückbleibt. Wenn aber die Bogen nur 2'' oder $\frac{1}{270}$ Linie beschrieben, so würde die tägliche Verzögerung nur ein Millionentheilchen einer Secunde, oder in 21500 Jahren eine Secunde betragen.

De

De la Lande Calcul astronomique. à Paris 1762. §. 253.

§. 245. Wenn die Schwünge des Penduls, auch bey verschiedenem Elongationswinkel, von völlig gleicher Dauer, oder isochronisch seyn sollen, so muß es nicht in Kreisbogen, sondern in der Cykloide schwingen. Es läßt sich nemlich aus der Anwendung der angeführten Sätze vom Fall in krummen Linien auf die Cykloide erweisen, daß der Fall durch den endlichen Bogen derselben eben so lange daure, als durch den unendlich kleinen, weswegen sie eben die tavtochronische Linie heißt. Daraus folgt denn der Satz: die Zeit des ganzen Schwunges in der Cykloide, auch bey ungleichen Bogen, verhält sich zur Zeit des freyen Fallens durch die doppelte Länge des Penduls, wie der Umkreis zum Durchmesser.

Hugenii horologium oscillatorium. P. II. pr. 25. *Friß* cosmographia. Mediol. 1774. Vol. I. introd. §. 25.

§. 246. Die bisher vorgetragenen Bestimmungen der Geschwindigkeit und Dauer der Pendulschwingungen gelten nur vom einfachen Pendul (§. 233.) im leeren Mittel. Ein zusammengesetztes Pendul ist jedes physische Pendul, das daher erst auf ein einfaches reducirt werden muß. Wird nemlich ein schwerer Körper an einem ebenfalls schweren Faden oder einer metallenen Stange so aufgehängt, daß das Ganze Schwingungen machen kann, so kann man die Länge desselben nicht für die Länge eines einfachen Penduls halten. Ein solches Pendul ist vielmehr aus vielen materiellen Puncten zusammengesetzt, die insgesammt schwer sind, und eine verschiedene Entfernung vom Aufhängungspuncte haben.

Und eben deswegen nennt man es ein zusammengesetztes Pendul. Selbst eine kleine metallene Kugel, die an einem zarten Faden aufgehängt ist, ist als ein zusammengesetztes Pendul anzusehen, weil, wenn auch das Gewicht des Fadens nicht in Anschlag käme, doch die Kugel nicht als ein Punct ohne Ausdehnung angenommen werden kann. Wenn daher die Gesetze des einfachen Penduls auf wirkliche Pendul angewendet werden sollen, so muß erst bestimmt werden, wie die Länge eines einfachen Penduls sey, dessen Schwingungszeit eben so groß seyn würde, als die Schwingungszeit eines zusammengesetzten Penduls von gegebener Gestalt und Länge.

§. 247. Es sey CBDE (Fig. 37.) ein zusammengesetztes Pendul; C sey der Aufhängungspunct, um welchen sich das Pendul bey seiner Schwingungsbewegung drehet, und A sey der Schwerpunct des Penduls. Man nehme die gerade Linie CO so lang an, als ein einfaches Pendul seyn müßte, wenn dessen Schwingungen mit jenem isochronisch seyn sollten. In diesem Falle müßte der Punct O allein schwer seyn, wenn das zusammengesetzte Pendul in ein einfaches isochronisches verwandelt werden sollte; oder die Entfernung zwischen diesem Puncte O und dem Aufhängungspuncte C ist die Länge des einfachen Penduls, das mit dem zusammengesetzten isochronisch oder gleichzeitig schwingt. Diesen Punct O nennt man den Mittelpunct der Schwingung oder den Schwingungspunct (centrum oscillationis); und die Länge jedes zusammengesetzten Penduls ist aus der Entfernung CO des Schwingungspunctes O vom Aufhängungspuncte C zu schätzen.

§. 248.

§. 248. Um also die vorgetragenen Sätze des einfachen Penduls auf ein zusammengesetztes anzuwenden, ist es nöthig, bey diesem den Schwingungspunct zu bestimmen (§. 247.). Diese Bestimmung würde uns hier zu weit führen; wir entlehnen also nur einige Resultate der Untersuchungen, welche die Mechanik darüber angestellt hat:

1) In einer schweren, gleichartigen, und geraden Linie, z. B. in einer cylindrischen oder parallelepipedalischen Stange von Metall, einem Metalldrathe, einem Blechstreifen, u. d. gl. ist der Schwingungspunct vom Aufhängungspuncte um $\frac{2}{3}$ der Länge der Linie entfernt.

2) In einer soliden Kugel, die an einem nicht bemerkbar schweren Faden an ihrem Scheitel aufgehängt ist, liegt der Schwingungspunct unter dem Schwerpuncte der Kugel um $\frac{2}{5}$ des Quotienten, den man findet, wenn man das Quadrat des Radius der Kugel mit der Entfernung ihres Schwerpuncts vom Aufhängungspuncte dividirt. So ist z. B. bey einer Kugel von 1 Fuß (paris.) Durchmesser, deren Schwerpunct 440 Linien vom Aufhängungspuncte entfernt ist, der Schwingungspunct 4,712 Linien unter dem Schwerpuncte derselben; bey einer Kugel von 2 Zoll Durchmesser ist er 0,13 Linien, und bey einer Kugel von einem Zoll 0,033 Lin. darunter.

3) Wenn der Faden, an welchem die solide Kugel hängt, ein merkliches Gewicht hat, so findet man den Schwingungspunct durch folgende Formel: Es sey u das Gewicht des Fadens oder des Drathes, P das Gewicht der Kugel, b der Durchmesser der Kugel, a die Entfernung des Mittelpuncts der Ku-

Kugel vom Aufhängungspuncte, so liegt der Schwingungspunct unter dem Mittelpuncte der Kugel um

$$\frac{(\frac{1}{3}u + \frac{2}{5}P)b^2 - \frac{1}{6}u(ab + a^2)}{(\frac{1}{2}u + P)a - \frac{1}{2}bu}$$

Eine kleine metallene Kugel von etwa zwey Linien im Durchmesser, die an einem sehr zarten ungesponnenen Hanffaden aufgehängt ist, ist zwar immer noch ein zusammengesetztes Pendul; indessen fällt doch der Mittelpunct der Kugel mit dem Schwingungspuncte sehr nahe zusammen.

Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol. P. IV. prop. 7—23. *Iacob Bernoulli*, in den *mem.* de l'acad. roy. des sc. 1703. S. 78. ff. und S. 281. ff. *Ioh. Bernoulli*, ebendas. 1714. S. 208. *Mairan* ebendas. 1735. S. 183. *Muschenbroek* introductio in philosoph. naturalem. I. §. 670. 671. *De la Lande* exposition du calcul astronomique. S. 199. *Le Paute* traité d'horlogerie. à Paris 1755. 4. S. 291. Kästner Anfangsgr. der höhern Mechanik, Göttingen 1766. 8. S. 194. u. f. S. 243. Karstens Lehrbegriff der Mathematik. Th. I. B. 2. Abschn. VI. der Mechanik; imgl. Th. IV. Abschn. VIII. und XI. der Mechanik.

§. 249. Wenn ein zusammengesetztes Pendul Schwünge von bestimmter Zeitdauer verrichten soll, so muß die Länge des gleichgeltenden einfachen Penduls eine bestimmte Größe haben. Wenn die Zeit eines einfachen oder halben Schwungs gerade eine Secunde dauert, so heißt die dazu gehörige Länge das Secundenpendul, oder auch die Länge des einfachen Penduls.

§. 250. Man kann die Länge des Secundenpenduls (§. 249.) durch Beobachtung bestimmen. Man hänge zu dem Ende eine solide Kugel an einem dünnen ungezwirnten Faden auf, und bestimme die Entfernung des Schwingungspunctes vom Aufhängungspuncte aufs genaueste (§. 248.). Man wähle

ein

einen Ort zur Beobachtung, der eine gleichförmige Temperatur von etwa 10° Reaum. hat, und keinem Luftzuge unterworfen ist. Man lasse hierauf das Pendul frey schwingen, zähle die einfachen Schwingungen desselben eine Zeitlang fort, und beobachte nach einer richtig gehenden und gut geordneten Secundenuhr die während der Schwingungen verflossene Zeit. Man drücke die so beobachtete Zeit in Secunden aus, und dividire sie mit der beobachteten Anzahl der Schwingungen, so hat man die Schwingungszeit für ein einfaches Pendul von bekannter Länge, nemlich von einer Länge, die der Entfernung des Aufhängungspuncts vom Schwingungspuncte gleich ist. Aus der Länge dieses Probependuls und der Dauer seiner einfachen Schwingungen läßt sich nun nach einer leichten Rechnung (§. 237.) die Länge eines einfachen Penduls bestimmen, das in 1 Secunde einen einfachen Schwung macht. Man wiederhole diesen Versuch oft mit Probependuln von verschiedener Länge, und nehme das Mittel von allen Versuchen, um desto sicherer die Länge des einfachen Secundenpenduls zu erhalten.

Mairan a. a. O. S. 153 — 200. *Van Swinden* positiones physicae. I. S. 98.

§. 251. Um indessen die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls, das in einem freyen Mittel schlägt, und wobey die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, sind noch einige Berichtigungen zu den vorhergehenden Versuchen nöthig, und zwar

1) wegen des Widerstandes der Luft. Die Pendul erleiden nemlich von der Luft, die sie beym

Schwin-

Schwingen aus der Stelle drängen müssen, einen Widerstand, der um desto größer ist, je dichter die Luft, und je größer das Volum des Penduls ist. Pendul von größerm Gewicht schwingen daher bey gleicher Länge und gleichem Volum allerdings schneller, als die von leichterm Gewicht, obgleich die Größe des Gewichts auf die Schwungbewegung an sich so wenig Einfluß hat, als auf den Fall der Körper (§. 199.). Durch diesen Widerstand der Luft kömmt es hauptsächlich, daß die Schwingungsbogen immer kleiner werden, und das Pendul endlich zur Ruhe kömmt, da sonst die Schwungbewegung an sich ohne Ende fortdauren müßte. Obgleich aber nun durch diesen Widerstand der Luft die Dauer des Niedergangs etwas länger wird, so wird doch die des Aufsteigens dadurch wieder etwas kürzer, und durch diese Compensation kömmt es, daß die Schwünge ziemlich isochronisch bleiben, und daher keine merkliche Veränderung stattfindet, die einer Correction bedürfe. Eine ganz andere Bewandtniß aber hat es mit der hydrostatischen Wirkung der Luft, wodurch, wie die Folge beym Wasserwägen lehren wird, ein Theil der Gravitation des Penduls aufgehoben wird; hierauf muß sich die Berichtigung wegen des Widerstandes der Luft beziehen. Dadurch, daß das Pendul Luft aus der Stelle drängt, verliert es einen Theil seines Gewichts, und bewegt sich mit einem Verluste seiner Gravitation. Daher ist zu der beobachteten Länge des einfachen Secundenpenduls noch etwas hinzuzusetzen, um die Länge dessen zu finden, das im leeren Raume Secunden schwingt. Dieser hinzuzusetzende Theil verhält sich zur Länge des einfachen Penduls in der Luft, wie das specifische Gewicht

der

der Luft zum specifischen Gewicht der Materie, woraus das Pendul besteht.

Bouguer traité de la figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. 399. ff. *Van Swinden* pos. phys. I. S. 93. §. 236.

2) **Wegen der Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde**, die von der Umdrehung der Erde um ihre Achse herrührt, wodurch die Schwere des Penduls, und also die Länge des einfachen Secundenpenduls vermindert wird. Diese Verminderung ist desto größer, je näher der Ort der Beobachtung dem Aequator liegt, oder je größer die Kreise sind, die er bey der täglichen Bewegung der Erde durchläuft. Ein und dasselbige Pendul wird also unter dem Aequator langsamer schwingen, als gegen die Pole zu, und es wird dort verkürzt werden müssen, wenn es isochronisch schwingen soll. **Richer** beobachtete dies bey seiner Reise nach Cayenne im Jahr 1672, 1 Grad 56 Min. vom Aequator; sein Pendul, das zu Paris Secunden schlug, mußte hier um $1\frac{1}{4}$ Linie verkürzt werden, um die nämliche Geschwindigkeit zu behalten. Um also die wahre Länge des einfachen Secundenpenduls zu bestimmen, welche stattfinden müßte, wenn die Erde ruhete, ist zu der beobachteten Länge noch etwas hinzuzusetzen. Um dies zu finden, darf man nur den Bruch $\frac{1}{289}$ (als das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator (§. 260. 12) mit dem Quadrate des Cosinus der geographischen Breite des Orts multipliciren, und die gefundene Quantität zu der beobachteten Länge des Penduls zusetzen. Gesetzt also, daß der Ort der Beobachtung unter einer Breite von 60 Graden läge, so ist der Cosinus $= \frac{1}{2}$, und die Rechnung giebt

$\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{289}$, oder $\frac{1}{1156}$. Wenn nun die beobachtete Länge des einfachen Penduls daselbst 439,28 Linien wäre, so müßten noch $\frac{439,28}{1156} = 0,38$ Linien zu dieser beobachteten Länge zugesetzt werden, um die wahre Länge des Secundenpenduls zu finden, das durch die Schwungkraft keine Vermindrung erleidet.

Hr. de la Lande giebt hiernach folgende Tafel an:

unter dem Aequator	0 Gr.	0 Min.	1,53 Lin.
zu Portobelo	9	34	1,48
zu Klein-Goave	18	27	1,38
am Vorgeb. d. g. H.	33	55	1,04
zu Paris	48	50	0,67
zu London	51	31	0,59
in Schweden bey	60	0	0,38
zu Pello in Lappland	66	48	0,24

Phoronomia, sive de viribus et motibus corporum solidorum et fluidorum libr. II. aut. *Jac. Hermanno*, Amstelaed. 1716. 4. S. 368. ff. *De la Lande* calcul. astronom. S. 203.

3) **Wegen der Größe der Schwingungsbogen.** Hierher gehört das, was §. 244. angeführt worden ist.

4) **Wegen der Wärme.** Die Temperatur kann nemlich die Länge des Maaßstabes ändern, und daher ist es nöthig bey der Messung des Probependuls sich entweder stets einer gleichförmigen Temperatur zu bedienen, oder den Unterschied der Länge bey andern Temperaturen an dem Maaßstabe erforscht zu haben. — Wenn die Pendul selbst von der Wärme und Kälte in ihrer Länge verändert werden, so würden sie natürlicher Weise ihren Isochronismus nicht behalten. An genauen Uhren hat man deswegen Pendul aus verschiedenen Materien anzubringen gesucht, die sich wechselseitig durch Verkürzung und Ver-

Verlängerung bey verschiedenen Temperaturen compensiren; dahin gehört Grahams und Romains rostförmiges Pendul aus eisernen und kupfernen Stäben. Noch vollkommener hat man die Verbindung von Stäben aus Eisen und Zink gefunden.

Muschenbroek introd. ad philos. natural. I. §. 675. 676. Berthoud essai d'horlogerie. à Paris. T. II. 1763. 4. T. 2. S. 118 — 143. 181 — 188. 299 — 306.

§. 252. Ohngeachtet aller dieser Berichtigungen lehrt die Erfahrung, daß an den verschiedenen Orten auf der Erde unter verschiedenen Breiten die Länge des einfachen Secundenpenduls nicht gleich sey; woraus denn folgt, daß die Beschleunigung der Schwere in den verschiedenen Breiten nicht gleich seyn könne. Man hat diese Länge gefunden:

1) unter dem Aequator, an der Meeresfläche, zu 439,21 Lin. paris. = 454,48 rheinl.

2) zu Paris, unter der Breite von 48°50' — 440,57 Lin. paris. = 455,89 rheinl.

3) zu Leiden, unter der Breite von 52°9' — 440,71 paris. = 456,04 rheinl.

4) zu Pello in Lappland, unter der Breite von 66°48' — 441,27 Lin. paris. = 456,61 rheinl.

Die Bestimmung der Pendullänge von andern Orten sehe man bey *Muschenbroek introd. in philos. nat. T. I.* S. 99. und in Bodens Kenntniß der Erdkugel, S. 85.

§. 253. Die Lehren vom einfachen Pendul hatte schon Galilei mit den Gesetzen der Schwere erfunden; Huygens aber erweiterte diese Erfindung, machte vom Jahr 1656 an davon überaus wichtige Anwendungen zur Verbesserung der Uhren; und wurde der Erfinder der Penduluhr. Er schlug auch die Länge des einfachen Secundenpenduls zu einem allge-

gemeinen Fußmaaß vor, und nach seinem Vorschlage sollte der dritte Theil dieser Länge der allgemeine Fuß seyn. Er wußte aber damals noch nicht, daß die Länge des Secundenpenduls unter verschiedenen Breiten verschieden wäre, und daß sie zwar ein natürliches, aber kein allgemeines Längenmaaß gewähre. Für einerley Ort bleibt indessen diese scharfsinnige Bestimmung immer anwendbar.

Christ. Hugenii horologium oscillatorium. Paris. 1673. Fol.

Versuch durch Zeitmessungen unveränderliche Längen-, Körper- und Gewichtmaaße zu erhalten, — von Joh. Whitehurst. a. d. Engl. übers. mit Anm. von J. G. Wiedemann. Nürnb. 1790. 4.

§. 254. Eine andere sehr wichtige Anwendung der Gesetze vom Pendul machte Huygens dadurch, daß er vermittelst derselben die Beschleunigung der Schwere bestimmte. Weiß man nemlich die Länge des einfachen Penduls, so läßt sich nach §. 243. leicht bestimmen, wie viel Fuß der Körper in der ersten Secunde seines Fallens durchlaufe. Weil nemlich die Quadratzahl der Schwingungszeit des Penduls sich zur Quadratzahl von $\frac{355}{113}$ oder von 3,1415926 . . . (als dem Verhältniß der Peripherie des Kreises zum Durchmesser) verhält, wie die halbe Länge des Penduls zur Beschleunigung der Schwere, so darf man nur die halbe Länge des einfachen Secundenpenduls für einen gewissen Ort mit der Quadratzahl von 3,1415926 . . multipliciren, um den Fallraum schwerer Körper in der ersten Zeitsecunde, oder die Beschleunigung der Schwere, für den Ort der Beobachtung zu finden. Die Länge des einfachen Secundenpenduls ist nach Mairan zu Paris 440,57 Linien (§. 252.), folglich die halbe Länge 220,285

Linien (parif.), und diese mit der Quadratzahl von 3,1415926 = 9,869604 multiplicirt, giebt 2174,175 Linien oder 15,098 parif. Fuß, welche mit 15,625 rheinl. Fuß übereinkommen, so wie auch oben (§. 189.) die Höhe des freyen Falles schwerer Körper in der ersten Secunde angegeben worden ist.

Karstens Anfangsgr. d. Naturl. §. 94.

§. 255. Da die Beobachtungen lehren, daß die Länge des einfachen Penduls, wenn es isochronisch bleiben soll, unter dem Aequator kürzer seyn müsse, als gegen die Polarländer zu (§. 252.), so folgt, daß die Schwere unter dem Aequator geringer seyn müsse, als gegen die Pole zu. Zufolge dieser Beobachtungen wächst die Länge des einfachen Secundenpenduls, je mehr man sich vom Aequator gegen die Pole zu entfernt. Es ist zwar nicht das Ganze der Verminderung dieser Länge gegen den Aequator zu auf Rechnung der Verminderung der Gravitation zu schreiben, sondern ein Theil kömmt auf Rechnung der größern Centrifugalkraft unter dem Aequator; da aber dieser Theil bestimmt werden kann (§. 251. 2.), so läßt sich auch nach angestellter gehörigen Berichtigung die Verminderung der Schwere gegen den Aequator zu angeben. Die Schweren an den verschiedenen Orten verschiedener Breiten verhalten sich wie die Längen des einfachen Secundenpenduls, die man nach den gehörigen Berichtigungen gefunden hat.

Newtoni princip. philos. natur. III. pr. 20.

§. 256. Eben so lehrt auch die Erfahrung, daß Pendul, die isochronisch schwingen, auf hohen Gegenden kürzer, als in niedrigern seyn müssen; woraus

aus denn folgt, daß die Schwere vom Mittelpunct der Erde weiter abwärts geringer ist, als bey mehrerer Nähe; und daß diese mehrere Erhöhung wahrscheinlich der Grund ist, warum gegen den Aequator zu isochronische Pendul kürzer seyn müssen, als gegen die Pole hin.

Bouguer traité de la figure de terre. à Paris 1749. 4. S. 335. 337.

Nach ihm war die Länge des einfachen Secundenpenduls unter dem Aequator

in der Höhe von 2434 Toisen		36 Z.	6,70 L.	
:	:	: 1466 :	36 :	6,83 :
an der Meeresfläche		36 :	7,07 :	

Nach der gehörigen Berichtigung sind diese Längen: 36 Z. 6,69 L.; 36 Z. 6,88 L.; 36 Z. 7,21 Lin.

Von den erdichteten Versuchen einiger Franzosen, die das Gegentheil darthun sollten, sehe man: *Le Sage* im *Journal de Physique*, T. I. S. 249.; *De Luc lettres physiques et morales*, L. 45. T. II. S. 358., und Achard physische Schriften S. 197.

Wurfbewegung.

§. 257. Wenn ein schwerer Körper in einer Horizontallinie, oder in einer andern, die nicht auf dem Horizonte senkrecht ist, in einem freyen Mittel durch irgend eine Kraft fortgeworfen wird, so würde er, wenn die Schwere nicht auf ihn wirkte, in gleichen Theilen der Zeit gleiche Räume nach der Richtung des Wurfs durchlaufen; die Schwere treibt ihn aber senkrecht, nach der Fläche der Erde herab, und der Körper wird also von zwey Kräften zugleich getrieben, deren Richtungen einen Winkel einschließen. Folglich ist die Bewegung des Körpers zusammengesetzt, und seine Bahn würde sich nach dem, was hiervon (§. 92.) gesagt worden ist, leicht finden lassen. Die Kraft der Schwere aber wirkt nicht bloß im Anfange, sondern als eine innere Kraft,

ununterbrochen, und beschleunigt folglich den Fall des Körpers gleichförmig. Wenn dieser also bey der durch den Wurf erhaltenen Geschwindigkeit vermöge seiner Trägheit im ersten Augenblicke ein Raumtheilchen der geradlinigten, z. B. horizontalen Bahn fortgeht, so wird er auch während dieser Zeit durch die Schwere herabgetrieben, folglich nach Endigung desselben so tief seyn, als er beym lothrechten Falle seyn würde; nach dem zweyten Augenblicke wird er aber viermal tiefer gesunken seyn (§. 196.), wenn er vermöge seiner Trägheit in der Bewegung nach der Kraft des Wurfes, oder nach der Projectionslinie nur zwey solche Raumtheilchen, als im ersten Augenblick, fortgerückt ist; nach dem dritten Augenblicke ist er neunmal tiefer gefallen, da er vermöge seiner Geschwindigkeit durch die erstere Kraft wieder nur einen dreyfach so großen Raum, als im ersten Augenblicke, vorgerückt ist; u. s. w. Kurz, der geworfene Körper wird eine krumme Linie beschreiben, worin sich die Abscissen verhalten wie die Quadrate der Ordinaten, und folglich eine Parabel. Auch dies Gesetz hat Galilei zuerst entdeckt.

Es werde ein schwerer Punct A in der horizontalen Richtung AH geworfen. Man theile AH in drey gleiche Theile AB, BG, GH, die von dem bloß trägen Körper in gleichen Zeiten zurückgelegt werden würden. Allein so wie die freye Wurfbewegung des schweren Körpers anfängt, sinkt er durch die Schwere hinab. Wir wollen setzen, daß er in dem Zeittheilchen, da er AB ohne Schwere zurücklegen würde, durch diese AK hinabfalle; er wird also die Diagonale AE durchlaufen müssen, folglich sich nach Endigung des ersten Zeittheils in E. Im folgenden Zeittheile würde er nach der Richtung des Wurfs, wenn er nicht schwer wäre, um BG = EM fortgerückt seyn; die Schwere würde ihn aber in diesem zweyten Zeittheile allein 3mal tiefer hinabtreiben, als im ersten, folglich um MF = KP = 3AK; er durchläuft also die Diagonale des Parallelos

logramms EMSF, und befindet sich nach Endigung des zweyten Zeittheils in F, also nach der senkrechten Höhe AP = 4AK hinabgetrieben. Im dritten Zeittheile würde ihn die Kraft des Wurfs um FO = GH fortrücken lassen; er durchfällt aber vermöge der Schwere in diesem Zeittheile den fünffachen Raum FR = 5AK, und durchläuft also die Diagonale FL, so daß er nach Endigung der drey Zeittheile 9AK in der senkrechten Höhe AN = HL hinabgesunken ist.

Da die Schwere auf den bewegten Punct nicht bloß in A, E und F, sondern in jedem Puncte seiner Bahn stetig wirkt, so machen auch die Diagonalen AE, EF und FG keine geraden, sondern krumme Linien aus, und die ganze Bahn ist eine krumme Linie, die die Eigenschaften einer Parabel hat: denn wenn man AN für die Achse dieser krummen Linie nimmt, so sind AK, AP und AN die Abscissen, und KE, PF und NL die Ordinaten. Nun ist vermöge der Construction $AK : AP = KE^2 : PF^2 = AB^2 : AG^2$; und $AK : AN = KE^2 : NL^2 = AB^2 : AH^2$.

Galilei dialog. de motu locali. L. B. 1699. 4. IV. th. I.

§. 258. Nicht nur in der horizontalen Richtung, sondern auch in jeder andern, wofern sie nur nicht auf den Horizont senkrecht ist, müssen nach dieser Theorie die geworfenen schweren Körper eine parabolische Bahn haben, und zwar nicht nur beym Hinabsinken, sondern auch beym Hinaufsteigen, und es läßt sich solchergestalt der Weg, den sie nehmen, und der Ort, wo sie sich in einer gewissen Zeit befinden, bestimmen, wenn man die **anfängliche Geschwindigkeit**, mit der sie geworfen wurden, oder die **Gewalt des Wurfs** (impetus iactus), so wie den Winkel kennt, den die Richtungslinie mit dem Horizonte macht. In der Luft macht freylich der Widerstand derselben bey großen Wurfsweiten, daß die Bahn des geworfenen Körpers nicht genau parabolisch seyn kann. Auch sind zwar die Richtungslinien der Schwerkraft im eigentlichen Sinn nicht parallel-

ral-

rallel; indessen ist bey kleinen Weiten der Unterschied so gering, daß er nicht in Anschlag kommen kann.

Beyspiele geben: geworfene Steine, Geschützkugeln, und besonders ein springender Wasserstrahl, wenn die Springröhre nicht lothrecht, sondern schief oder horizontal steht.

Eigene Maschinen, um durch Versuche diese Theorie zu bestätigen, beschreiben: *S' Gravesande* elem. physic. §. 543—546. §. 1624—29.; *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. §. 704.; *Nollet* leçons de physique VI. S. 212. ff., Exp. 5.; *Bernoulli* in den *nouv. mém. de l'acad. de Berlin* 1780.

Die Theorie geworfener Körper sehe man bey: *Torricelli* de motu projectorum, in seinen *operibus, Florent.* 1664. 4. *Blondel* art de jetter les Bombes, à Paris 1683. 4. *Maupertuis*, in den *Mémoires de l'acad. roy. des sc.* 1731. S. 297. *Tempelhoff* le bombardier prussien, ou du mouvement des projettiles, à Berlin 1781. 8. Kästners Anfangsgründe der höhern Mechanik §. 173. u. ff. Karstens Lehrbegriff der gesammten Mathemat. Th. IV. Mechanik, Abschn. XX.; und Anfangsgr. der mathem. Wissenschaften, Th. II. §. 33. ff.

§. 259. Ein schwerer Körper, welcher solchergestalt in einer krummen Linie niederwärts geht, hat am Ende seines Niederfallens eben die Geschwindigkeit, als wenn er von der Höhe seiner Wurfsbewegung an senkrecht auf die Ebene herabfällt, die er am Ende seines krummlinigten Weges erreicht.

§. 260. Wenn aber die Richtungslinien der Schwere nicht unter einander parallel, sondern nach einem Mittelpunkt zugerichtet sind, so wird die Schwere als Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfs, die den schweren Körper von der Richtung der Centripetalkraft abzulenken strebt, zur Tangentialkraft, folglich die Wurfbewegung zu einer wahren Centralbewegung werden (§. 103.). Bey den kleinen Weiten, in der wir auf der Erde die Körper werfen können, fallen sie freylich bey ihrer krummlinigten

Bahn auf die Erde zurück; die von ihnen beschriebenen Bogen sind so klein, daß alle von denselben gegen den Mittelpunct der Erde gezogene Linien für parallel gehalten werden können, und daß also die Bahn von einer parabolischen Krümmung, die freylich nicht wieder in sich selbst zurückläuft, dem Ansehen nach entsteht. Es ist aber doch gedenkbar, daß ein schwerer Körper in einer solchen Erhöhung von der Erde horizontal geworfen werde, daß die Weite der Bogen so wachse, daß die aus ihnen nach dem Mittelpunct der Erde gezogenen Linien nicht mehr für parallel, sondern für convergirend zu halten sind; dann wird die Bahn nicht parabolisch seyn können, sie wird in sich selbst zurücklaufend werden, und der schwere Körper wird um die Erde herum eine Centralbewegung haben. Wirklich ist auch die Bewegung, welche der Mond um die Erde, und alle Trabanten um ihre Hauptplaneten, so wie diese um ihre Sonne, haben, eine wahre Centralbewegung, und eine Folge derselbigen stetigen Kraft, welche die krummlinigte Bahn der geworfenen schweren Körper auf unserer Erde hervorbringt, nemlich der Gravitation. Die Schwere ist die stetig wirkende Centripetalkraft, und die Kraft des Wurfs, welche die schweren Welten von der Richtung dieser Centripetalkraft nach der Tangente abzulenken strebte, die Tangentialkraft oder Schwungkraft. Diese leztere ist also nicht Folge der Trägheit; denn weil Trägheit keine Kraft ist, so wird sie auch kein Vermögen haben, die schwere Welt von der Richtung der ihr inhärirenden Kraft der Schwere abzulenken; und eine in Bewegung befindliche, bloß träge Welt müßte dem Zuge der Schwerkraft ungehindert folgen. Um also

die

die Centralbewegung der Himmelskörper zu erklären, dürfen wir nicht annehmen, daß sie als träge Welten nach der Richtung der Tangente zuerst in Bewegung gesezt worden wären, und daß die nachher hinzugekommene Schwere sie von jener Richtung nun stetig ablenke, sondern die gravitirenden Himmelskörper wurden durch eine projectile Kraft nach der Tangente ihrer Bahn mit einer determinirten Geschwindigkeit in Bewegung gesezt. So läßt sich denn auch die Frage leicht lösen, ob die Schwungkraft Folge der Trägheit, oder ob sie eine eigene Kraft sey.

Daß es gedenkbar sey, daß die Bahn geworfener Körper zu einer in sich selbst zurücklaufenden Linie, und nicht etwa zu einer Spirallinie werde, die dem Mittelpunct immer näher komme, läßt sich leicht beweisen. Jede Geschwindigkeit nach der Richtung der Wurfkraft kann durch die Größe der Tangente ausgedruckt werden, wie z. B. (Fig. 39.) durch Ab, und die Schwerkraft, die nach einem Mittelpuncte, wie nach C, wirkt, durch Ac = bi. Wenn also der schwere Körper aus A gegen T zu geworfen wird, so wird er in eben der Zeit, da er Ab durchläuft, zu gleicher Zeit von der Tangente durch die Schwere um bi oder Ac abgezogen, und also in eben der Zeit, als er nach der Kraft des Wurfs allein Ab durchlaufen würde, vermöge der zusammengesezten Bewegung den Bogen Ai beschreiben; von da würde er in der folgenden gleich großen Zeit, ohne die Schwere, nach der Tangente bis t fortgehen; treibt ihn aber die Schwere ununterbrochen gegen C, und wird diese Kraft, während daß er in i ist, durch tn = ie ausgedruckt, so wird er vermöge dieser zusammengesezten Bewegung in eben dieser Zeit den Bogen in beschreiben; er würde in der dritten Zeit von n gleichförmig nach q fortgehen, wenn die Schwere nicht wäre, wenn nemlich nq = ni gesezt wird, da aber die Schwere in n ihn zu gleicher Zeit durch np = qr führt, so wird er in eben dieser Zeit durch nr geführt, und so weiter. Weil die Centripetalkraft immer wächst, so wie die Distanzen Ci, Cn, Cr abnehmen, so wird auch der geworfene Körper immer näher gegen C zu kommen, bis er an den untersten Punct E gelangt ist; aber von da an wird er sich nicht mehr C nähern, sondern davon ab, und wieder nach A zurückgehen. Aus

der Lehre von der Centralbewegung (§. 104. 1.) ist bekannt, daß die Dreyecke AiC, inC, nrC gleichen Inhalts sind, und eben so auch tEC, dessen Bogen der geworfene Körper an der untersten Stelle durchläuft. An dieser Stelle der krummlinigten Bahn ist die Centripetalkraft am grössesten, und sey durch Em ausgedruckt, und verhalte sich gegen Ac, umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunct der Gravitation, oder wie $AC^2 : CE^2$. Der Körper würde aus E nach o gleichförmig fortgehen, in eben der Zeit, da er tE beschrieben hat, wenn die Schwere in E zu wirken aufhörte; sie zieht ihn aber um EM = oh nach C zu, daher legt er in eben dieser Zeit den Bogen Eh zurück, von h würde er in der folgenden gleich grossen Zeit durch ht weggehen, wenn ihn nicht während dieser Zeit die Schwere nach C ablenkte, und ihn am Ende dieser Zeit bis s zurückgebracht hätte; u. s. f. Aus den Richtungen Eo, ht erhellet, daß, wenn der geworfene Körper in E angelegt ist, er von da an keineswegs gegen C zu immer mehr näher komme, sondern daß er vielmehr, weil er in den Puncten E, h, s, G eben dieselbige Centripetalkraft hat, als in den correspondirenden Puncten der gegenüber stehenden Hälfte, eben so nach A zurückkehrt, als er sich von da aus entfernte.

Man nehme nun an, daß die Kraft des Wurfs Ab dieselbige bleibe, das Verhältniß der Centripetalkraft oder der Schwere aber grösser als Ac, und durch Ad = be ausgedruckt werde, so wird der Körper durch die vereinigte Wirkung beider Ae durchlaufen. Wird die Schwerkraft noch grösser, nemlich = Ag, so wird er in eben der Zeit, da er ohne Schwere Ab durch die Kraft des Wurfs zurücklegen würde, den Bogen Af durch die gemeinschaftlichen Wirkungen durchlaufen. So wie er durch Ab und Ac die Centralbewegung AFEG hat, so wird er durch Ab und Ad, oder durch Ab und Ag die von AHDI oder AKBL u. s. w. haben.

Scherffer institutiones physicae, P. II. Vindob. 1763. 8. S. 35. ff.



Wir können nun von den bisher vorgetragenen Gesetzen der Schwere Anwendung machen auf Centralbewegungen (§. 103.), bey welchen die Schwere als Centripetalkraft wirkt, und so auch auf die

wichtige

wichtige Lehre von der Bewegung der Himmelskörper.

1) Wenn ein schwerer ruhender Körper von der Richtung der Schwere, die auch zur Zeit der Ruhe eben so gut in ihm wirksam ist, als zur Zeit der Bewegung, und seinen Druck hervorbringt, abgelenkt und z. B. nach einer horizontalen Richtung geworfen oder gestoßen werden soll, so wird dazu Kraft erforderlich seyn, und der ruhende schwere Körper wird Widerstand leisten (§. 110.). Es ist leicht begreiflich, daß, wenn der schwere Körper noch einmal so viel schwere Masse hat, als ein anderer, noch einmal so viel Kraft erforderlich seyn werde, um ihn mit eben der Geschwindigkeit in eben der Richtung zu werfen; nicht, weil diese doppelt so schwere Masse doppelt so viel Trägheit habe, und durch dieselbe doppelt so viel Widerstand leiste, sondern weil ihre bewegende Kraft oder ihr Gewicht, mit dem sie nach der Richtung der Schwere drückt, doppelt so groß ist. Wenn nun zwey schwere Körper von ungleicher schwerer Masse in eine Centralbewegung gesetzt, und ihre Geschwindigkeit, so wie ihr Abstand vom Mittelpuncte der Kräfte, gleich angenommen werden, so wird die Centrifugalkraft in dem Körper von größerer schwerer Masse größer seyn, als in dem von kleinerer schwerer Masse; und es wird folglich eine größere Centripetalkraft erfordern, um die größere Masse in gleicher Bahn mit gleicher Geschwindigkeit und bey gleichem Abstande vom Centro zu erhalten.

Wenn wir die schweren Massen P, p, und die Centripetalkraft G, g, nennen, so ist, alles gleich gesetzt,

$$G : g = P : p.$$

Es habe nämlich der Körper A von doppelt so viel schwerer Masse, als B, mit diesem bey gleichem Abstande vom Centro und bey gleicher Umlaufszeit eine Centralbewegung. Der Körper A ist = 2 B; in jedem von diesem angenommenen B aber ist die Centrifugalkraft gleich der in dem eigentlichen B, folglich ist die Centrifugalkraft von A zu der in B, wie das Gewicht oder die schwere Masse von A zu dem von B.

Wenn daher Wasser und Quecksilber in einer gegen den Horizont geneigten Röhre eingeschlossen sind, und im Kreise herum bewegt werden, so wird dabey das Quecksilber höher stehen, und weiter vom Centro entfernt seyn, als das Wasser.

Eben hieraus läßt sich auch erklären, warum beym Kornsiebe die schwerern Körner nach der Peripherie zu, die leichtere Spreu näher nach dem Mittelpuncte des Siebes gesammelt werden.

Muschenbroek §. 730. *Kraft* praelect. phys. I. §. 198.

2) Aus

2) Aus der Verbindung dieses Satzes mit dem oben bey der Centralbewegung S. 72. n. 15. angeführten, folgt der allgemeinere für die Centralbewegung schwerer Körper: die Centralkräfte sind in einem zusammengesetzten Verhältniß aus dem geraden der schweren Massen und der Entfernungen vom Mittelpuncte, und dem umgekehrten des Quadrats der Umlaufszeiten.

Wenn die Centralkräfte G, g, die schwere Masse P, p, die Abstände vom Mittelpuncte D, d, und die Umlaufszeiten T, t, heißen, so ist

$$G : g = \frac{PD}{T^2} : \frac{pd}{t^2}.$$

Wenn also P = p, so ist $G : g = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$ wie oben (S. 72. n. 15.), und ferner $D : d = GT^2 : gt^2$ und wenn G = g, und P = p, so ist die Geschwindigkeit oder $V : v = \sqrt{D} : \sqrt{d} = T : t$, und $V^2 : v^2 = D : d$. Ferner wenn P = p, und T = t, so ist G : g = D : d (s. oben 71. n. 12.), und wenn T = t, so ist G : g = PD . pd.

Wenn nun $G : g = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$, so ist T : t = D : d und V = v; ferner, wenn T = t, und $P : p = \frac{1}{D} : \frac{1}{d}$, so ist G = g.

Endlich, wenn P = p und D = d, so ist $G : g = \frac{1}{T^2} : \frac{1}{t^2}$.

Van Swinden I. S. 135. §. 362.

3) Wenn die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Würfel der Entfernungen vom Mittelpunct der Kräfte, und die schweren Massen gleich sind, so sind die Centralkräfte im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen.

Wenn also $T^2 : t^2 = D^3 : d^3$, so ist $G : g = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

Nach dem oben (S. 72. n. 15) angeführten, war $G : g = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$; substituiren wir nun hier nach der Voraussetzung für T^2 und t^2, D^3 und d^3, so ist $G : g = \frac{D}{D^3} : \frac{d}{d^3} = \frac{1}{D^2} : \frac{1}{d^2} = d^2 : D^2$.

4) Wenn die schweren Massen ungleich sind, so sind, in dem eben angeführten Falle (3), die Centralkräfte im geraden

raden Verhältniß der Massen und im umgekehrten des Quadrats der Entfernungen vom Mittelpunkt der Kräfte.

Dies folgt aus der Verbindung des 2. und 3. Satzes; und ist diesemnach

$$G : g = \frac{P}{D^2} : \frac{p}{d^2}$$

5) Wenn ein schwerer Körper in einem Kreise mit eben so großer Geschwindigkeit bewegt wird, als er durch den freyen Fall aus der Höhe des vierten Theils des Durchmessers, oder der Hälfte des Radius des Kreises erhalten würde, so ist seine Centrifugalkraft der Schwere gleich. Wäre der Körper an einem Faden gespannt, und würde er im horizontalen Kreise bewegt, so würde er jenen eben so spannen, als wenn er frey daran herabhinge.

Der Körper werde in einem horizontalen Kreise (Fig. 40.) bewegt. Die Tangente BD sey gleich dem Radius AB. Jener bewegt sich nach der Voraussetzung in der Circumferenz des Kreises mit einer Geschwindigkeit, welche er durch den senkrechten Fall CB = ½ AB erlangen würde. Die durch diesen Fall erlangte Geschwindigkeit würde ihn in eben der Zeit durch den doppelten Raum von CB, oder durch BD gleichförmig führen (§. 200.) Wenn er also in B losgelassen würde, so würde er in eben dieser Zeit den Raum BD gleichförmig zurücklegen. Man nehme von BD irgend einen kleinen Theil BE, und ziehe durch das Centrum des Kreises die gerade Linie EAH, die den Kreis in F schneidet. Es sey ferner $DB^2 : BE^2 = CB : CG$. Wenn wir also die Zeit, in welcher der Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit durch CB fällt, durch die Linie BD ausdrücken können, so wird BE die Zeit der beschleunigten Bewegung durch CG ausdrucken, weil die Räume, welche schwere Körper beym Fall durchlaufen, den Quadraten der Zeiten proportional sind. In der Zeit nemlich, in welcher der schwere Körper mit beschleunigter Geschwindigkeit aus C in B fällt, kann er mit der in B erhaltenen endlichen Geschwindigkeit bey der gleichförmigen Bewegung 2 CB, das ist BD, durchlaufen. Die Zeit, in der er BD gleichförmig durchläuft, ist zu der durch BE, wie BD zu BE. Weil sich nun die Quadrate dieser Zeiten verhalten wie die Räume, welche schwere Körper herabfallen, so ist $BD^2 : BE^2 = CB : CG$. Es würde also der Raum CG mit der beym Fall beschleunigten, und BE mit der gleichförmigen Geschwindigkeit, die der Körper in der Kreisbewegung hat, in gleicher Zeit beschrieben werden. Wenn ferner der Körper in B von der Centripetalkraft losgelassen würde, so würde er in E mit gleichförmiger Geschwindigkeit

digkeit in eben der Zeit ankommen, als der Punkt B der Circumferenz in F anlangt, weil wir bE für den Bogen bF gleichgeltend nehmen können, indem BE unendlich klein angenommen wird. Wir können also sagen, daß der Körper eine Fliehkraft habe, um von dem Puncte B durch den Raum FE in der Zeit zu gehn, in der er mit der Geschwindigkeit seiner Kreisbewegung durch den Raum BE gleichförmig gehen würde, d. h. in der Zeit, in der er beym Fall durch CG mit beschleunigter Geschwindigkeit gehen würde. Wenn also erwiesen ist, daß die Räume EF und CG gleich sind, so wird auch erwiesen seyn, daß die Fliehkraft, oder das Bestreben des Körpers in der Kreisbewegung vom Faden mit beschleunigter Bewegung fortzugehen, dem Bestreben desselben zum Sinken, das er durch seine Schwere hat, gleich sey; weil dies Bestreben der beschleunigten Bewegung dann gleich ist, wenn durch diese in gleichen Zeiten gleiche Räume zurückgelegt werden. Daß aber $CG = FE$ sey, wird auf folgende Art bewiesen: Es ist $HE : EB = EB : EF$, oder $HF : FB = FB : FE$ und $bF = EB$, weil BE klein genug angenommen wird. Also ist $HE^2 : EB^2 = HE : EF$, oder $HE^2 : HE = EB^2 : EF$. Da wir den Bogen BF klein genug annehmen, so können wir auch $HE = HF$ setzen. Nehmen wir nun den vierten Theil der ersten Glieder der Proportion, wodurch das Verhältniß nicht verändert wird, so ist $\frac{HE^2}{4} : \frac{HE}{4} = EB^2 : EF$, oder $\frac{HE^2}{4} = AF^2$, und $\frac{HE}{4}$ oder $\frac{HF}{4} = BC$; es ist also $AF^2 : BE^2 = BC : EF$; da nun $AF^2 = BD^2$, so ist $BD^2 : BE^2 = BC : EF$. Es war aber nach der Construction $BD^2 : BE^2 = BC : CG$; es ist also $BC : CG = BC : EF$, und also $EF = CG$.

Huygens de vi centrifuga, in seinen operib. posth. S. 118. *Muschenbroek* §. 736.

Es läßt sich hieraus erklären, warum aus einem mit Wasser gefüllten offenen Gefäße, wenn es vermittelst eines Stricks im verticalen Kreise mit einer gewissen Geschwindigkeit umhergeschwungen wird, nichts herauslaufe, wenn gleich das Gefäß, wenn es in das Zenith seines Kreislaufs gekommen ist, mit seiner Oeffnung senkrecht auf dem Horizont stehet.

Ferner läßt sich hieraus beweisen, daß ein Körper auf dem Aequator der Erde 17 mal geschwinder bewegt werden müsse, als die Erde um ihre Achse, wenn er eine Fliehkraft erhalten soll, die der Schwere gleich ist. Denn nach dem eben vorgetragenen Satze müßte die

die Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde so groß seyn, als die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmesser $\left(\frac{R}{2}\right)$ der Erde gehörige Geschwindigkeit, wenn die Flichkraft der Schwere gleich seyn sollte. Die zu dieser Höhe gehörige Geschwindigkeit aber ist (§. 203.) $250 \sqrt{\frac{R}{2}} = 125 \sqrt{2 R}$. Nach Piccards Messung ist der Erdhalbmesser 19615791 paris. Fuß = 20302343 rheinl. Fuß. Da wir für R Tausendtheilchen des rheinl. Fußes nehmen müssen, so finden wir für $125 \sqrt{2 R} = 25188250$, oder die zu der Fallhöhe aus dem halben Erdhalbmesser gehörige Geschwindigkeit ist so groß, daß der darin begriffene Körper 25188250 Tausendtheilchen des rheinländischen Fußes in jeder Secunde gleichförmig durchlaufen würde. Bey der Umdrehung der Erde um ihre Achse hingegen durchläuft jeder Punct auf dem Aequator in einer Secunde 1426,5 paris. Fuß = 1476,427 rheinl. Fuß, oder 1476427 Tausendtheilchen des rheinl. Fußes, folglich ist die Geschwindigkeit, die zur Fallhöhe aus dem halben Radius der Erde gehört, zur Geschwindigkeit der Umdrehung der Erde, wie 25188250 : 1476427, oder fast wie 17 : 1.

6) Die schönste und erhabenste Anwendung der Lehre von der Centralbewegung und Schwere ist die auf unser Planetensystem. Die Uebereinstimmung derselben mit den Phänomenen des letztern gewährte die völligste Ueberzeugung von der Richtigkeit und Wahrheit der Copernikanischen Weltordnung. Die Sonne steht im Centro unseres Planetensystems; um sie bewegen sich die Hauptplaneten, mit ihren Trabanten oder Monden. Kepler entdeckte nun, was die nachfolgenden Beobachtungen stets bestätigt haben, 1) daß die Planeten nicht in Kreisen, sondern in Ellipsen um die Sonne laufen, in deren einem Brennpuncte die Sonne steht; 2) daß die Planeten mit dem aus der Sonne nach ihnen gezogenen Radius Vector Flächenräume durchlaufen, die den Zeiten proportinal sind, (s. oben S. 66. n. 1.) *) und 3) daß die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten sich verhalten, wie die Würfel der mittlern Entfernung von der Sonne **).

Die

*) *Io. Kepleri* Astronomia nova αἰτιολογητος, s. physica caelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Prag. 1609. Fol.

**) *Io. Kepleri* epitome astronomiae copernicanae. Lincii 1618. 8. Harmonicae mundi libri V. Linc. 1619. Fol.

Die Beobachtungen lehren ferner, daß die Nebenplaneten oder Monde um ihre Hauptplaneten dieselbigen Gesetze befolgen, als die letztern um die Sonne; und endlich, daß sogar die Cometen in ihren sehr länglichen elliptischen Bahnen diesen Gesetzen unterworfen sind. Newton machte die erhabene Anwendung der Gesetze der Schwere auf die Bewegung der Himmelskörper. Er bewies, was die Vergleichung der Beobachtungen mit der Theorie völlig bestätigt, 1) daß die Planeten in ihren Bahnen durch eine Kraft zurückgehalten werden, die bey den Hauptplaneten gegen die Sonne, bey den Nebenplaneten gegen den Hauptplaneten gerichtet ist, um den sie sich bewegen; 2) daß diese Centripetalkraft, welche die Planeten in ihren Bahnen erhält, im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen von der Sonne sey, oder von dem Hauptplaneten, wenn von Nebenplaneten die Rede ist; 3) daß auch dies von den Cometen gelte, die in sehr länglichen Ellipsen sich um die Sonne bewegen, und 4) daß die Kraft, die alle und jede Planeten und Cometen um die Sonne, und die, welche die Trabanten um ihre Hauptplaneten treibt, eine und dieselbige sey. Er bewies, 5) daß die Kraft, die die Planeten in ihren Bahnen erhält, wie die Schwere, eine gleichförmig beschleunigende Kraft sey, und zeigte zuerst an dem Monde, daß die Kraft, die ihn in seiner Bahn um die Erde erhält, die Schwerkraft gegen die Erde sey. Es sey (Fig. 14.) A der Mond, der um die Erde C getrieben wird, und der um dieselbe eine Centralbewegung hat. Die Centrifugalkraft sucht ihn beständig von seiner Bahn AGFE abzulenken, und die Centripetalkraft gegen C hält ihn stetig darin zurück. Der mittlere Abstand CA, oder der Halbmesser der Mondsbahn beträgt etwa 60 Erdhalbmesser, wovon wir jeden nach Piccard auf 19615791 paris. Fuß setzen wollen. Die Umlaufszeit des Mondes um die Erde ist nahe 27 Tage 7 Stunden 43 Minuten, oder 39343 Minuten. Er durchläuft also in 1. Minute einen Bogen Ab (Fig. 11.), der $\frac{360^\circ}{39343}$ Grade, oder nahe 33″ beträgt. Man weiß das Verhältniß der Centripetalkraft Aa zum Radius AC, wenn man das Verhältniß des Queersinus Aa des Bogens Ab von 33″ zum Radius hat. Dies letztere ist = 12798 : 1000000000000. Dies ist also das Verhältniß der Centripetalkraft, die den Mond binnen einer Minute von der geradlinigten Bahn seiner Tangente ablenkt, zum Halbmesser seiner Bahn. Da nun der Mond etwa 60 Erdhalbmesser, oder 1176947460 paris. Fuß von dem Mittelpuncte der Erde absteht, so ist Aa, oder die Kraft, mit welcher der Mond gegen den Mittelpunct der Erde binnen 1 Minute zu strebt $= \frac{12798 \, . \, 1176947460}{1000000000000} = 15{,}052$ paris. Fuß; und folglich eben so viel, als ob ein schwerer Körper in A binnen 1 Minute mit einer Beschleunigung von

15,052

15,052 Fuß fiele. Wenn sich nun die Schwerkraft umgekehrt verhält, wie das Quadrat der Entfernungen, so muß die Schwerkraft des Mondes gegen die Erde, da er 60 Erdhalbmesser vom Centro der Erde absteht, 60^2 mal geringer, oder $\frac{1}{3600}$ der Beschleunigung der Schwere an der Oberfläche seyn; und weil sich die von schweren Körpern beym Fall durchlaufenen Räume verhalten, wie die Quadrate der Zeiten; so muß $1 : 60^2 = 15{,}052 : x$, die Wirkung der Schwere auf der Oberfläche der Erde binnen 1 Minute seyn. x oder $60^2 . 15{,}052$ F. kömmt auch mit der aus andern Erfahrungen gefundenen Beschleunigung der Schwere an der Erdfläche so ziemlich und wenigstens so überein, als man es in solchen Fällen nur erwarten kann, zumal das angeführte Maaß des Halbmessers der Mondsbahn wirklich größer ist, als wir es hier angenommen haben, und der Mond nicht mit seiner ganzen Centripetalkraft gegen die Erde wirkt, sondern ein Theil davon durch die Wirkung gegen die Sonne aufgehoben wird. Es ist also die Gravitation unserer schweren Körper zu der Gravitation des Mondes gegen die Erde, wie $60^2 : 1$, oder wie das Quadrat der mittlern Entfernung des Mondes vom Mittelpunct der Erde, zum Quadrat der Entfernung der Körper auf der Fläche der Erde von ihrem Mittelpuncte.

Hieraus zog nun Newton den Schluß: 1) daß die Centripetalkraft des Mondes eben so gegen die Erde wirke, als die irdische Schwerkraft, 2) daß sie mit dieser einerley sey, und 3) daß die Schwere im umgekehrten Verhältniß des Quadrats der Entfernungen stehe. Er machte weitere Anwendungen für die Planeten und ihre Trabanten, und stützte darauf das System der allgemeinen Schwere oder Gravitation, das seinen Namen unsterblich gemacht hat, 4) daß die Kraft, die alle Planeten, so wohl die Hauptplaneten, als die Nebenplaneten, und dann auch die Cometen in ihren Bahnen erhält, einerley sey mit der Schwere, und nach denselbigen Gesetzen wirke, als diese auf der Erde; und daß alle Planeten und Cometen gegen die Sonne, die Nebenplaneten aber gegen ihre Hauptplaneten und gegen die Sonne, nach eben denselbigen Gesetzen **gravitirten** oder **schwer wären**, oder **angezogen würden**, als die irdischen Körper gegen die Erde.

Isaac Newton philosophiae naturalis principia mathematica, Londini 1687. 4.

La Lande astronomie, §. 999.

7) Newton blieb hierbey nicht stehen, sondern machte von seinen schönen Entdeckungen noch weitere, sehr sinnreiche Anwendungen zur Bestimmung der beschleunigenden Kraft der Schwere auf der Oberfläche der Planeten, des Verhältnisses der schweren Masse derselben, und der Dich-

tigkeit dieser Masse; wovon ich hier nur kurz die Resultate anführen will.

Die Schwere (g) auf der Oberfläche eines Hauptplaneten verhält sich wie die Schwere (G) seines Trabanten gegen ihn, multiplicirt durch das Quadrat des mittlern Abstandes (D) dieses Trabanten, und dividirt durch das Quadrat des Halbmessers (R) des Hauptplaneten; oder wie der Würfel des mittlern Abstandes des Trabanten dividirt durch das Quadrat seiner Umlaufszeit (T) und das Quadrat des Halbmessers des Hauptplaneten. Es ist also

$$g = \frac{GD^2}{R^2} \text{ oder } g = \frac{D^3}{T^2\,R^2}.$$

Die Sonne kann hierbey für einen Hauptplaneten; die Hauptplaneten aber können für ihre Trabanten gehalten werden.

Muschenbroek §. 743. *Van Swinden* I. S. 154. §. 420.

8) Die schweren Massen der Planeten (P, p) verhalten sich wie die Würfel der mittlern Entfernungen (D, d) von ihren Trabanten, dividirt durch die Quadrate der Umlaufszeiten dieser Trabanten, oder

$$P : p = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2}.$$

9) Aus der Anwendung dieses Satzes (8) auf den vorigen (7) folgt dann auch, daß die Schwere auf der Oberfläche eines Planeten sich verhalte, wie die schwere Masse desselben, dividirt durch das Quadrat seines Halbmessers, oder

$$g = \frac{P}{R^2}.$$

10) Endlich die Dichtigkeit (Δ) der schweren Masse eines Hauptplaneten verhält sich wie der Würfel der mittlern Entfernung seines Trabanten, dividirt durch das Quadrat der Umlaufszeit dieses Trabanten, und den Würfel des Halbmessers des Planeten (R); oder kürzer, sie verhält sich, wie die Schwere auf der Oberfläche des Planeten, dividirt durch seinen Halbmesser.

$$\Delta = \frac{D^3}{T^2 . R^3}; \text{ oder } \Delta = \frac{g}{R}.$$

La Lande astronomie. §. 1018. 1022.

11) Außer den angeführten Bewegungen der Planeten und Cometen um ihre Sonne, und der Trabanten um ihren Hauptplaneten, sind noch als Folgen der allgemeinen Gravitation anerkannt und erwiesen: 1) die Ebbe und Fluth, wovon, als einem irdischen Phänomen, die weitere Erklärung noch vorkommen wird, 2) die Ungleichheit des Mondslaufs, 3) das Vorrücken der Nachtgleichen, 4) das Wanken der Erdachse, 5) die Perturbationen des Laufs der Planeten,

6) der ungleiche Lauf der Cometen, 7) das Abnehmen der Schiefe der Ecliptik, 8) die Bewegung der Apsidenlinien aller Planeten, 9) die Bewegung aller Knotenlinien, 10) die Ungleichheiten des Laufs der Jupitersmonden, und 11) die Rotation des Ringes vom Saturn; deren nähere Bestimmung und Erklärung für die Astronomie gehört. So ist also der Nutzen der Kenntniß des allgemeinen Gesetzes der Gravitation von dem ausgebreitetsten Umfange, und im Grunde die Basis der neuern Astronomie.

La Lande astronomie §. 999.

12) Durch die Umdrehung der Planeten um ihre Achse erhalten die Theile ihrer Masse eine Fliehkraft, deren Richtung auf der Achse der Umdrehung senkrecht ist, die daher unter dem Aequator am größesten seyn, gegen die Pole zu abnehmen, und in diesen endlich ganz verschwinden muß. Diese Fliehkraft verhält sich unter dem Aequator der Erde zur Schwere daselbst, wie 1 : 289.

Es sey (Fig. 41.) Bb ein Bogen, der unter dem Aequator binnen einer Zeit-Secunde durchlaufen wird, und welcher 15 Secunden beträgt. Der Halbmesser des Aequators TB, der nach Bouguer 19681717,3 paris. Fuß beträgt, verhält sich zu Cb, oder der Fliehkraft, wie der Radius von 1000000000000 zum Quersinus des Bogens von 15 Secunden, der binnen einer Zeitsecunde durchlaufen wird, oder zu 2644. Cb beträgt also $\frac{19681717,3 . 2644}{1000000000000}$ Fuß = 0,052038.. Fuß oder 7,496 Linien. Der Raum bd hingegen, der durch die Schwere binnen 1 Secunde unter dem Aequator duchlaufen wird, ist nach der Berechnung von §. 254. aus der Pendullänge unter dem Aequator (§. 251.), 2167,414 Linien. Folglich verhält sich die Fliehkraft zur Schwere unter dem Aequator, wie 7,496 Linien : 2167,414 Lin. oder, wie 1 : 289.

Nach einer allgemeiner Regel bestimmt man die Fliehkraft unter dem Aequator eines Planeten nach folgender Formel. Die Fliehkraft (z) verhält sich zur Schwere (g) daselbst, wie der Cubus des Halbmessers (R) des Planeten mit dem Quadrat der Umlaufszeit (T) seines Trabanten multiplicirt zu dem Cubus der mittlern Entfernung des Trabanten (D) mit dem Quadrat der Umdrehungszeit (τ) des Planeten um seine Achse, oder $z : g = R^3 . T^2 : D^3 . \tau^2$

Van Swinden I. S. 157. §. 431.

13) Diese Fliehkraft vermindert die Schwerkraft, und zwar am mehresten unter dem Aequator, weil sie hier der Richtung der Schwere gerade entgegengesetzt ist; weniger in grö-

größern Breiten nach den Polen zu, weil sie hier schief der Schwerkraft entgegen wirkt, und also nur ein Theil von ihr der letztern direct entgegen ist. Dieser Theil ist desto kleiner, je mehr der Sinus des Complements der Breite kleiner ist, als der Sinus totus. Ueberhaupt ist die Verminderung, welche die Schwerkraft an verschiedenen Orten von der Fliehkraft erleidet, zu der, die sie unter dem Aequator erfährt, wie das Quadrat des Cosinus der Breite des Orts zum Quadrat des Halbmessers der Erde.

La Lande astron. §. 459. Vergl. mit §. 251. 2.

14) Weil die Erde eine sphäroidische Gestalt hat, und an den Polen abgeplattet ist, so wird ein schwerer Körper unter dem Aequator, auch noch aus dieser Ursach, unabhängig von der Fliehkraft, wegen der größern Entfernung vom Mittelpunct der Erde, eine geringere Beschleunigung haben, als gegen die Pole zu (6). Die Länge des einfachen Secundenpenduls wird daher, auch nach der Berichtigung wegen der Fliehkraft, unter dem Aequator kleiner seyn, als in den größern Breiten nach den Polen zu (§. 252.). Dennoch können auch noch andere Ursachen dazu beytragen.

Stoß schwerer Körper.

§. 261. Wenn ein schwerer Körper auf einer horizontalen Tafel liegt, und darauf bey seiner Bewegung die Friction nicht in Anschlag gebracht wird, oder, wenn er an einem Faden aufgehängt ist, so wird Kraft nöthig seyn, ihn in Bewegung zu setzen; das heißt, die zu seiner Bewegung angewandte Kraft wird eine Vermindung erleiden, und er wird Widerstand leisten, um aus Ruhe in Bewegung zu kommen, nicht wegen seiner Trägheit, wie man sich gewöhnlich die Sache vorstellt, sondern, weil er von der Richtungslinie der Schwere stetig abgelenkt werden soll, wie bey der Wurfbewegung. Wir müssen hier nun noch die Gesetze, welche die solchergestalt durch den Stoß bewegten Körper befolgen, näher betrachten. Diese Gesetze werden durch besondere Eigenschaften der Körper, je nachdem sie entweder ri-

gide,

gide, oder federhart, oder weich sind, modificirt. Nun giebt es zwar in der Natur keine bloß rigiden Körper, die nicht zugleich auch Federkraft (§. 124.) hätten, und die Gesetze des Stoßes der erstern können daher nur unvollkommen durch Erfahrung bestätigt werden; wir können uns aber doch hier bey der allgemeinen Betrachtung der Körper jene Eigenschaften als abgesondert vorstellen, um so allgemein mögliche Fälle zu erhalten, nach denen die wirklichen bestimmt werden.

§. 262. Der Stoß findet statt auf eine dreyfache Art: 1) zwischen einem sich bewegenden und einem ruhenden Körper; 2) zwischen zwey Körpern, die sich nach einerley Richtung bewegen, der nachfolgende aber mit größerer Geschwindigkeit, als der erstere vorangehende; und 3) zwischen zweyen Körpern, die sich nach entgegengesetzter Richtung bewegen.

§. 263. Da die Größe der Bewegung eines widerstehenden Körpers nicht allein von der Masse, sondern auch von der Geschwindigkeit desselben abhängt (§. 112.); so muß auch bey der Mittheilung der Bewegung durch den Stoß auf beide Rücksicht genommen werden; und ferner auch darauf, ob der Stoß gerade oder schief (§. 97. 99.) geschiehet. Wir betrachten hier nur den erstern.

§. 264. Beym geraden Stoß vollkommen rigider Körper finden folgende Gesetze statt, die sich aus dem Vorhergehenden leicht erklären lassen:

1) Wenn ein vollkommen harter unelastischer Körper auf einen andern vollkommen harten unelastischen,

schen, welcher fest und unbeweglich ist, stößt, so ruhen beide nach dem Stoße.

2) Ist der ruhende auch beweglich, so vertheilt sich die Geschwindigkeit des bewegten unter beide nach dem Verhältniß ihrer schweren Massen, oder Gewichte, oder: die Geschwindigkeit beider nach dem Stoße ist gleich der Größe der Bewegung des stoßenden Körpers durch die Summe der schweren Massen, oder der Gewichte dividirt.

Wenn wir die Gewichte oder die schweren Massen P, p, die Geschwindigkeit vor dem Stoß C, c, und nach dem Stoß z nennen wollen, so ist $z = \frac{C.P}{P + p}$.

3) Wenn sich beide Körper nach einerley Richtung bewegen, so können sie nur dann auf einander wirken, wenn sich der vorangehende mit geringerer Geschwindigkeit bewegt. Dann wird nach dem Stoße die Geschwindigkeit des anstoßenden kleiner, und die des gestoßenen größer werden müssen, und die Geschwindigkeit beider wird gleich seyn der Summe der Größen der Bewegungen dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

Es ist diesemnach $z = \frac{CP + cp}{P + p}$.

4) Wenn sich beide Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, so müssen sie nach dem Stoße ruhen, wenn die Größen ihrer Bewegung gleich waren; d. h. wenn entweder die Geschwindigkeit bey gleichen schweren Massen gleich war, oder die Producte der schweren Massen durch die Geschwindigkeiten bey beiden gleich waren.

5) Sind aber bey dieser entgegengesetzten Richtung die Größen der Bewegung in beiden ungleich; so

so gehen beide Körper nach dem Stoß in der Richtung desjenigen Körpers fort, der die größere Bewegung hatte, und zwar muß die Geschwindigkeit beider dann gleich seyn der Differenz der Größen der Bewegung beider Körper, dividirt durch die Summe der schweren Massen oder Gewichte.

Es ist also $z = \frac{CP - cp}{P + p}$.

Bestätigung durch Versuche mit Thonkugeln, die an der Luft mäßig getrocknet worden sind.

Um diese Versuche mit Sicherheit und Bequemlichkeit anstellen zu können, hat man eigne Vorrichtungen, die unter dem Namen der Percussionsmaschinen oder der Stoßmaschine des Mariotte bekannt sind. (De la percussion ou choc des corps, in den *Oeuvres de Mariotte*, à la Haye 1740. T. I.) S'Gravesande (Physices elem. mathemat. L. I. c. 23.) und Nollet (Leçons de physique T. I. Leç. 4. Sect. 3.) haben solche Maschinen umständlich beschrieben.

Wenn man die sich stoßenden Kugeln in Bogen, wie Pendul, fallen läßt, so verhalten sich die Geschwindigkeiten an der untersten Stelle nur dann nahe wie die Bogen selbst, wenn diese sehr klein sind; bey größern Bogen hingegen kann man die Geschwindigkeiten keinesweges durch die Bogen selbst messen, sondern jene verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den senkrechten Fallhöhen (§.196. 3.)

Zur Entwickelung der Theorie dieser Gesetze des centralen Stoßes harter oder rigider Körper müssen wir auf die Gesetze der reinen Bewegungslehre zurückgehen.

1) Gesetzt, der gestoßene Körper ist nach dem 2. Fall ruhend und beweglich, so wird der stoßende auf den ruhenden als auf einen Widerstand wirken, und von seiner Größe der Bewegung so viel verlieren müssen, als der Widerstand des ruhenden beträgt. Er wird also genau den Theil seiner Kraft verlieren, der erforderlich ist, den ruhenden nach dem Stoße mit der Geschwindigkeit zu bewegen, mit dem er selbst nach dem Stoße noch seine Bewegung fortsetzt. Es ist nemlich klar, daß dieselbige Kraft, die die einfache widerstehende Masse mit der einfachen Geschwindigkeit bewegt, die doppelte Masse mit der halben Geschwindigkeit, die dreyfache Masse mit dem dritten Theile dieser einfachen Geschwindigkeit bewegen werde, und überhaupt mit ein

einer Geschwindigkeit, die der zu bewegenden umgekehrt proportional ist. Bey dem Zusammensen der stoßenden Masse und der ruhenden gestoß machen nun beide zusammen eine vergrößerte stoßende Masse aus, die nicht mehr von der vorigen mit derselbigen Geschwindigkeit bewegt werden k. Nun ist beym Zusammentreffen keine andere Kraft als die der stoßenden Masse inhärirt, folglich wird Geschwindigkeit der stoßenden Masse vor dem Stoße gemeinschaftlichen Geschwindigkeit beider Massen n dem Stoße sich verhalten, umgekehrt, wie die Summe der Massen zu der stoßenden Masse. Wenn also d stoßende Masse P, die ruhende p, und die Geschwindigkeit der stoßenden C heißt, so ist $z : C = P : P + p$. folglich $z = \frac{PC}{P+p}$, wie nach (2)

Ist $P = p$, so wird $z = \frac{1}{2} C$.

Wenn man die einzelnen beweglichen Massen mit der gemeinschaftlichen Geschwindigkeit nach dem Stoße oder mit z multiplicirt, so wird die Größe der Bewegung beider zusammen, so seyn, wie die Größe der Bewegung vor dem Stoße war, also ungeändert. Denn $z . P + z . p = \frac{PC}{P+p} . P + \frac{PC}{P+p} . p = PC$.

II) Ist die ruhende Masse unbeweglich, so ist sie als unendlich groß gegen die stoßende anzusehen, und die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoße wird als unendlich klein verschwinden; sie werden also beide nach dem Stoße ruhen (1).

III) Wenn die Masse p nicht ruhend, sondern auch in Bewegung ist, und zwar mit einer Geschwindigkeit C, in einerley Richtung, als P, so kann natürlicherweise kein Stoß geschehen, wenn $c = C$; welcher nur geschehen kann, wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit c vorangeht, und P mit der größern Geschwindigkeit C nachfolgt. P kann aber in diesem Falle nicht mit seinem ganzen C, sondern nur mit dem Ueberschusse seiner Geschwindigkeit, oder mit $C - c$ wirken. Zu der gemeinschaftlichen Größe der Bewegung, die beide Massen haben, wird also noch der Ueberschuß der Größe der Bewegung $[(C - c) P]$ der größern hinzukommen, und unter beide Massen gleichförmig vertheilt werden. Es ist also nach dem Stoße

$$z = \frac{(C - c) P + Pc + pc}{P + p} = \frac{PC - Pc + Pc + pc}{P + p}$$

$= \frac{PC + pc}{P + p}$; wie angegeben ist (3).

Die Geschwindigkeit, welche p gewinnt, ist $= \frac{CP + cp}{P + p} - o = \frac{CP + cP}{P + p}$, und die Geschwindigkeit, welche P verliert, ist $= C - \frac{CP + cp}{P + p} = \frac{Cp - cp}{P + p}$.

Die Größe der Bewegung beider nach dem Stoß ist wie die Summe der einzelnen Größen der Bewegung vor dem Stoß. Denn $zP + zp = \frac{PC + pc}{P + p} P + \frac{PC + pc}{P + p} p = PC + pc$.

IV) Wenn beide bewegliche Körper in entgegengesetzter Richtung mit gleichen Kräften, d. i. mit gleicher Größe der Bewegung aneinander stoßen, wenn nemlich $PC = pc$, oder $P : p = c : C$, so kann keine Bewegung erfolgen, sondern beide Bewegungen müssen nach dem Gesetz des §. 87. sich wechselseitig aufheben. (4.)

V) Wenn aber bey dieser entgegengesetzten Richtung PC und pc ungleich sind, so muß das Gesetz des §. 88. eintreten. Es sey nemlich $PC > pc$, so wird es einen gewissen Theil x der Geschwindigkeit C geben, der mit P multiplicirt, eine Größe der Bewegung $Px = pc$ macht. Beide werden sich gegen einander aufheben, und also Ruhe hervorbringen, wenn die Körper mit den Kräften Px und pc gegen einander direct stießen. Es ist nun noch ein Theil d von der Geschwindigkeit übrig, oder $d = C - x$, der die Größe der Bewegung Pd hervorbringt, die sich dann unter die beweglichen Massen P und p vertheilt und sie in Bewegung nach der Richtung von C versetzt. Die gemeinschaftliche Geschwindigkeit nach dem Stoß oder z ist also $= \frac{Pd}{P + p}$. Weil nun $Px = pc$, so ist auch $P : p = c : x$, und also $x = \frac{pc}{P}$. Da nun $d = C - x$, so ist auch $d = C - \frac{pc}{P} = \frac{PC - pc}{P}$. Wenn wir nun diesen Werth von d in der ersten Formel dafür substituiren, so ist $z = \frac{PPC - Ppc}{PP + Pp} = \frac{PC - pc}{P + p}$. (5)

Die Größe der Bewegung nach dem Stoß ist $= PC - pc$, wie man leicht finden wird, und also gleich der Differenz der Größen der Bewegung vor dem Stoß.

Wenn man aber die Grössen der Bewegung nach einerley Richtung, nemlich nach der Richtung der grössern Kraft, nimmt, so ist die schwächere in Ansehung dieser stärkern negativ; und dann ist die Grösse der Bewegung vor und nach dem Stoße für gleich zu achten.

§. 265. Beym geraden Stoße federharter oder sogenannter elastischer Körper kömmt noch in Betracht, daß von einer äußern auf sie wirkenden Kraft ihre Theile zusammengedrückt werden, aber auch mit eben der Kraft zugleich zurückwirken, und also dadurch Veränderungen in der Bewegung hervorbringen. Aus den Kräften des Stoßes und der Zurückwirkung federharter Körper (deren Federkraft wir hier gleich stark annehmen) entspringen folgende Gesetze:

1) Wenn ein elastischer Körper an einen andern gleich elastischen ruhenden und unbeweglichen anstößt, so springt er mit seiner ganzen Geschwindigkeit zurück.

2) Wenn der ruhende Körper beweglich ist und von gleichem Gewicht, so bekömmt er die ganze Geschwindigkeit des stoßenden, und dieser ruhet dagegen.

3) Wenn hingegen der ruhende bewegliche Körper von ungleichem Gewicht ist mit dem bewegten, so ist die neue Geschwindigkeit des anstoßenden zur vorigen, wie die Differenz der Gewichte zu ihrer Summe, und die Geschwindigkeit des angestoßenen, wie das doppelte Gewicht des anstoßenden zu beiden Gewichten.

4) Wenn sich zwey elastische Körper von gleichem Gewichte nach einerley Richtungen bewegen, und zwar wie §. 141. Nr. 3., so werden sie beide nach dem Stoße zwar nach einerley Richtung zu gehen

hen fortfahren, aber mit verwechselten Geschwindigkeiten.

5) Wenn sich beide Körper in gerader Richtung gegen einander bewegen, und die Größe ihrer Bewegung ist gleich groß, so werden sie mit eben der Geschwindigkeit von einander zurückspringen, mit der sie gegen einander liefen.

6) Ist aber bey diesem Falle die Geschwindigkeit ungleich, das Gewicht aber gleich, so verwechseln sie nach dem Stoß ihre Geschwindigkeiten beym Zurückspringen.

Bestätigung durch Versuche mit elfenbeinernen Kugeln.

1) Zur Entwickelung der Theorie wollen wir erst den Fall (2) setzen. Der stoßende Körper würde dem ruhenden die Hälfte seiner Geschwindigkeit ertheilen, wenn sie beide bloß hart und von gleichem Gewicht wären, wie vorhin erwiesen ist. Da sie beide elastisch sind, so erleiden sie einen Eindruck, der in dem gestoßenen demjenigen Theile der Größe der Bewegung oder der Gewalt des stoßenden proportional war, den dieser zur Ueberwältigung des ruhenden anwenden mußte. Dies war die Hälfte der Größe seiner Bewegung, oder seiner Geschwindigkeit, weil wir gleiche Gewichte oder schwere Massen annehmen. Nach Vollendung des Stoßes stellt sich nun dieser Eindruck wieder her, und zwar mit eben der Kraft, mit der er veranlaßt wurde. Da aber der stoßende in der Richtung widersteht, in welcher sich der Eindruck des gestoßenen wieder herstellen will, so verliert dadurch der stoßende noch die andere Hälfte der Geschwindigkeit, die er übrig behalten würde, wenn beide Körper bloß hart wären, und wird also ruhend; oder der stoßende verliert doppelt so viel Größe der Bewegung, als er verlohren haben würde, wenn beide Körper bloß hart gewesen wären. Der stoßende erleidet auch einen Eindruck, der dem Widerstande des gestoßenen und also dem Eindrucke proportional war, welchen dieser erlitt, also auch gleich der Hälfte der Gewalt, mit der er den ruhenden bewegte. Mit eben dieser Gewalt stellt sich der Eindruck wieder her, und ertheilt dadurch dem ruhenden noch einmal so viel Geschwindigkeit. Der ruhende erlangt also doppelt soviel Größe der Bewegung, als er erlangt haben würde,

de, wenn beide Körper bloß hart, aber nicht elastisch gewesen wären.

II) Hieraus können wir nun allgemeinere Bestimmungen festsetzen. Es heiße das Gewicht des stoßenden elastischen Körpers P, seine Geschwindigkeit C, das Gewicht des elastischen ruhenden p. Die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoß, oder Z würde $\frac{PC}{P+p}$ seyn, wenn beide Körper nicht federhart wären (§. 264. 2); die Größe seiner Bewegung wäre dann $\frac{PPC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße, oder von $PC = \frac{PC}{P+p}P + \frac{pC}{P+p}P$ (§. 264. Anm.) abziehen, so bleibt $\frac{PpC}{P+p}$, als die Größe der Bewegung, die er durch den Widerstand des ruhenden verlohr. Da er aber, weil er und der ruhende elastisch ist, durch die Reaction, wie vorhin gezeigt wurde (I), doppelt so viel Größe der Bewegung verliert, so ist die verlohrne Größe der Bewegung $\frac{2PpC}{P+p}$. Wenn wir nun diese von der Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC}{P+p} + \frac{PpC}{P+p}$ abziehen, so bleibt $\frac{PPC - PpC}{P+p}$, als die Größe der Bewegung des stoßenden elastischen Körpers nach dem Stoß, und es ist seine Geschwindigkeit oder $Z = \frac{PC - pC}{P+p} = \frac{(P-p)C}{P+p}$. Es verhält sich also $Z : C = P - p : P + p$; oder die Geschwindigkeit des stoßenden nach dem Stoße ist zur Geschwindigkeit desselben vor dem Stoße wie die Differenz der Massen zu ihrer Summe. (3).

Die Geschwindigkeit des ruhenden p nach dem Stoße wäre auch $= \frac{PC}{P+p}$, wenn beide Körper unelastisch und bloß hart wären; und seine Größe der Bewegung $\frac{pPC}{P+p}$ (§. 264. Anm.); da er aber elastisch ist, so wird durch die Reaction die Größe der Bewegung desselben nach dem Stoß $= \frac{2pPc}{P+p}$ und folglich die Ge-

schwin-

schwindigkeit $z = \frac{2PC}{P+p}$. Es ist also $z : C = 2P : P + p$; oder die Geschwindigkeit des gestoßenen ist zur Geschwindigkeit des stoßenden, wie das doppelte Gewicht des stoßenden, zur Summe der Gewichte beider (3).

III) Ist $P = p$, so ist Z oder $\frac{PC - pC}{P+p} = 0$, und z oder $\frac{2PC}{P+p} = C$, oder der stoßende ruhet nach dem Stoß, und der gestoßene bekömmt die ganze Geschwindigkeit des stoßenden. (2).

IV) Wenn $P > p$, so ist $Z = \frac{PC - pC}{P+p}$ eine positive Größe; wenn aber $P < p$, so wird Z negativ; z oder $\frac{2PC}{P+p}$ ist aber immer positiv. Wenn also der stoßende weniger Gewicht hat als der ruhende, so springt er nach dem Stoß vom letztern mit der Geschwindigkeit Z zurück; der gestoßene aber wird nach der Richtung des stoßenden bewegt.

V) Wenn die Masse des ruhenden p fest und unbeweglich ist, so ist sie gegen den stoßenden P als unendlich groß anzusehen; in diesem Falle verwandelt sich die Geschwindigkeit Z des stoßenden nach dem Stoße oder $\frac{PC - pc}{P+p}$ in $\frac{PC - \infty C}{p + \infty} = -C$, oder der stoßende wird mit derselben Geschwindigkeit reflectirt, mit der er anstieß (1). Die Geschwindigkeit der unendlich großen gestoßenen Masse nach dem Stoße wäre $\frac{2PC}{P + \infty}$, oder unendlich klein, oder für nichts zu nehmen.

VI) Wenn p mit der kleinern Geschwindigkeit c vorangeht, und P folgt mit der größern Geschwindigkeit C nach, so wird der Stoß nur mit $C - c$ geschehen können (§. 264. Anm. III.). Wenn die Körper nicht elastisch wären, so würde p durch den bloßen Stoß, allein zur Größe der Bewegung $\frac{Pp(C-c)}{P+p}$ erhalten; wegen der Reaction durch Elasticität erhält p aber $\frac{2Pp(C-c)}{P+p}$, die zu seiner eigenen Größe der Bewegung pc noch hinzukömmt. Daher ist die ganze Größe der Bewegung von p nach dem Stoße $\frac{2Pp(C-c)}{P+p} + pc =$

$$\frac{2PpC - 2Ppc + Ppc + ppc}{P+p} = \frac{2PpC - Ppc + ppc}{P+p},$$

und

und seine Geschwindigkeit $z = \frac{2PC - Pc + pc}{P + p}$. Der elastische Körper P verliert von der Größe seiner Bewegung $\frac{2Pp(C - c)}{P + p}$ (I. und II.); wenn wir dies von seiner Größe der Bewegung vor dem Stoße $PC = \frac{PPC + PpC}{P + p}$ abziehen, so bleibt zur Größe der Bewegung nach dem Stoße $\frac{PPC + PpC - 2PpC + 2Ppc}{P + p}$ $= \frac{PPC - PpC + 2Ppc}{P + p}$. Dieses stoßenden P Geschwindigkeit Z aber ist $\frac{PC - pC + 2pc}{P + p} = \frac{(P - p)C + 2pc}{P + p}$. Wenn nun $(P = p)$ ist (4), so wird in den angeführten Formeln, die den Werth von Z und z ausdrucken, $P + p = 2P$, $P - p = 0$; daher wird die erste Formel von z verwandelt in C, und die von Z in c, das heißt, die gleichen Gewichte verwechseln nach dem Stoß ihre respectiven Geschwindigkeiten (4).

VII) Wenn P und p in entgegengesetzter Richtung mit der Geschwindigkeit C und c aneinander stoßen, so werden die vorigen Formeln (VI) auch hier ihre Anwendung finden, nur daß c dem C entgegengesetzt, und also in Rücksicht desselben negativ genommen werden muß. Die Geschwindigkeit von p nach dem Stoß oder z verwandelt sich also in $\frac{2PC + Pc - pc}{P + p} = \frac{2PC + (P - p)c}{P + p}$ und zwar nach der Richtung, in welcher P vor dem Stoß bewegt wurde; und die von P oder Z in $\frac{(P - p)C - 2pc}{P + p}$ und zwar in der Richtung von C.

Wenn nun hierbey $PC = pc$, so ist $z = c$ in der Richtung von C, und $Z = - C$, oder die Körper springen mit eben der Geschwindigkeit zurück, mit der sie anstießen (5).

Wenn $P = p$, so ist $z = C$ in der Richtung von C und $Z = - c$, sie verwechseln folglich nach dem Stoß ihre Geschwindigkeiten in entgegengesetzter Richtung (6).

Wenn $(P - p) C = 2pc$, so wird, wie die Formel leicht giebt, $Z = 0$, folglich P bleibt nach dem Stoß in Ruhe, und z wird $C + c$, in der Richtung von C, oder springt mit der Geschwindigkeit $C + c$ zurück.

Wenn

Wenn endlich $(P-p)C > 2\,pc$, so bleibt, wie man leicht sieht, Z positiv, oder der Körper P geht mit der Geschwindigkeit Z in der Richtung seiner vorigen Geschwindigkeit C fort.

In allen Fällen bey dem Stoß elastischer Körper bleiben die Summen der respectiven Größen der Bewegung vor und nach dem Stoß gleich.

Man sehe *Car. Scherffer institutiones physicae*, P. I. Vindob. 1763. 8. S. 136. ff., dem ich hierbey in den Erklärungen ganz gefolgt bin.

§. 266. Bey weichen Körpern finden dieselben Gesetze des Stoßes statt, als bey harten Körpern, nur daß sie zugleich ihre Figur ändern, welches bey harten Körpern der Fall nicht ist; und daß die Veränderung der Bewegung in eine andere, oder in Ruhe, nicht plötzlich, sondern erst nach und nach geschiehet.

§. 267. Wenn ein Körper einen andern nicht unmittelbar anstößt, sondern durch einen oder mehrere andere dazwischen liegende Körper von einerley Beschaffenheit, so kann man jeden dazwischen liegenden als einen stoßenden und gestoßenen Körper ansehen, und hieraus die erfolgte Wirkung leicht beurtheilen. So pflanzt sich der Stoß durch eine Reihe gleich elastischer Kugeln bis zu der äußersten fort; und läßt man an mehrere dergleichen elastische Kugeln von einerley Gewicht eine andere von gleichem Gewicht anstoßen, so wird die letzte von allen nach §. 265. Nr. 2. mit der Geschwindigkeit abspringen, welche die erstere hatte, und diese wird ruhen; läßt man zwey anstoßen, so werden die zwey letzten abspringen, u. s. w.

§. 268. Wenn ein elastischer Körper auf einen andern harten unbeweglichen senkrecht stößt, so wird er mit eben der Geschwindigkeit reflectirt, mit welcher

cher er anstieß, und zwar, wie leicht einzusehen ist, in der entgegengesetzten Richtung. Eben dies erfolgt, wenn der ruhende unbewegliche Körper elastisch ist, und ein harter unelastischer auf ihn stößt. Der letztere wird natürlicherweise ebenfalls mit gleicher Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Richtung zurückgeworfen werden.

Ein Ball springt von der Mauer ab; eine elfenbeinerne Kugel von dem Steine; aber auch eine nicht elastische Kugel von einer gespannten Saite.

§. 269. Wenn ein elastischer Körper auf einen harten ruhenden unbeweglichen, oder auch umgekehrt, ein harter auf einen ruhenden unbeweglichen elastischen Körper in schiefer Richtung aufstößt, so wird er wieder in der entgegengesetzten schiefen Richtung zurückgeworfen, und **der Reflexionswinkel ist dem Einfallswinkel gleich.**

Es sey AB (Fig. 42.) eine harte unbewegliche Fläche, gegen welche ein elastischer Körper in der schiefen Direction CD in D anstößt. Die Bewegung des anstoßenden Körpers kann angesehen werden, als ob sie aus der Zusammensetzung der Kraft CA und CE entspünge. Da nun jede Wirkung nur nach der Perpendiculärlinie erfolgt (§. 99.), so wird, wenn C in D angelangt ist, nur die Kraft CA = ED wirksam seyn können, und nach der entgegengesetzten Richtung dieser Kraft wird der elastische Körper durch den vollkommenen Widerstand der Fläche in D einen Eindruck erleiden. Dieser Eindruck stellt sich mit eben der Gewalt wieder her, womit er veranlaßt wurde, so bald der Stoß geschehen ist; folglich würde der Körper von D nach E wieder zurückgeschnellt werden; aber die Kraft CE = DB ist noch ungeschwächt, ist noch nicht verwendet, weil sie keinen Widerstand fand, da sie parallel mit der Fläche ging. Der Körper wird also, wenn die Wirkung des Stoßes in D vollendet ist, wieder durch zwey Kräfte getrieben, nemlich durch DE und DB, und durchläuft also die Diagonale DF des Palallelogramms DEFB.

Der Winkel CDE heißt der Einfallswinkel (angulus incidentiae), der Winkel EDF der Zurückprallungs- oder Reflexionswinkel (angulus reflexionis). Beide Win-

Winkel sind sich gleich, weil in beiden Dreyecken CED und EDF die Seiten CE und ED den Seiten FE und ED gleich sind, und der rechte Winkel CED = FED; folglich sind die Dreyecke gleich, und also der Winkel CDE = EDF.

Beyspiele liefert das Billiard und das Abspringen der auf das Wasser sehr schief geworfenen Steine.

§. 270. Wenn ein harter Körper auf einen weichen unbeweglichen stößt, so drängt der stoßende nach seiner vorigen Richtung in den weichen ein, seine Kraft wird aber immer mehr und mehr durch den Widerstand der zusammengedrückten Theile des weichen Körpers vermindert, und der eindringende verliert so nach und nach seine Kraft.

Gleichgewicht fester Körper.

§. 271. Eine gerade unbiegsame Linie AB (Fig. 43.), oder oB (Fig. 44.), ohne Schwere, und in einem gewissen Puncte so unterstützt, daß sie sich zwar um denselben drehen, sonst aber nicht in Bewegung zu kommen vermag, und an der man sich zwey wirkende Kräfte vorstellen kann, heißt ein Hebel (vectis), und zwar ein mathematischer geradlinigter Hebel; sonst aber, wenn die Linie selbst schwer ist, ein physischer Hebel. Der unterstützte Punct c heißt der Ruhepunct, oder Bewegungspunct (centrum motus); das, was ihn unterstützt, wie f (Fig. 43.), die Unterlage (fulcrum, hypomochlium), die auch manchmal zur Ueberlage wird (Fig. 44.), oder auch als Zapfen anzusehen ist. Die Kräfte (*potentiae*), die den Hebel in der entgegengesetzten Richtung zu drehen streben, heißen nach ihrer verschiedenen Bestimmung die Kraft und die Last (onus), die man sich auch als ziehende Gewichte vorstellen kann.

§. 272.

§. 272. Wenn der Ruhepunct (Fig. 43.) am Hebel zwischen den beiden Puncten A und B, an welchen die Gewichte angebracht sind, oder zwischen der Kraft und der Last liegt, so heißt er ein **Hebel der ersten Art**, oder ein **doppelarmigter Hebel** (vectis heterodromus); wenn aber die Stellen, woran die entgegengesetzten Kräfte angebracht sind, beide an einer Seite des Ruhepuncts liegen, wie Fig. 44. und 45.), so ist er ein **Hebel der andern Art**, oder ein **einarmigter Hebel** (vectis homodromus). Beym erstern gehen die beiden Kräfte nach verschiedenen Seiten, wenn er sich bewegt; bey diesem gehen sie beide nach einerley Seite. Es sind vom Hebel der andern Art zweyerley Gattungen, eine, wo die Last in der Mitte ist, zwischen dem Ruhepuncte und der Kraft, und eine, wo die Kraft zwischen dem Ruhepuncte und der Last liegt.

Beyspiele von physischen Hebeln der ersten Art geben die gemeinen Hebbäume, der Geisfuß der Maurer, die Krämerwaage, die Schnellwage, Scheeren, Zangen.

Beyspiele von Hebeln der zweyten Art der ersten Gattung: die Ruder eines Schiffes, ein Schiebkarren; der zweyten Gattung: eine Schaufel, eine Sense, ein Arm des menschlichen Körpers, wenn er eine Last hebt.

§. 273. Gleiche Gewichte F und D (Fig. 43.), die am doppelarmigten Hebel AB in gleichen Entfernungen vom Ruhepuncte o hängen, erhalten einander im Gleichgewicht (§. 87.). Ungleiche Gewichte hingegen in gleichen Entfernungen erhalten einander nicht im Gleichgewicht; das größere zieht das kleinere in die Höhe (§. 88.).

§. 274. Die Unterlage f (Fig. 43.) trägt bey dem doppelarmigten Hebel AB die Summe der Ge-

wichte

wichte D und F, die an beiden Seiten ziehen; und im Gleichgewicht stehen. Wenn daher statt der Unterlage eine Kraft der Richtung der Schwere des Ruhepunctes entgegen zöge, so würde der Hebel ebenfalls unterstützt seyn, und es würde alles ruhen.

§. 275. Nimmt man in diesem letzten Falle (§. 274.) das Gewicht D an dem einen Arme des Hebels Ac weg, und befestigt dagegen diesen Punct A, oder giebt ihm eine unbewegliche Ueberlage (Fig. 44.), so wird er ein einarmigter Hebel; aber er bleibt doch in Ruhe, obgleich die Kraft F an dem andern Ende B nur halb so groß ist, als die Kraft P, die ihn in der Mitte in der entgegengesetzten Richtung AK zieht. Die einfache Kraft F hält also bey der doppelten Entfernung Bc = 2 Ac der doppelten Kraft P bey der einfachen Entfernung Ac das Gleichgewicht. Auf eine ähnliche Art läßt sich dies auch am doppelarmigten Hebel beweisen. Denn man könnte diesen einarmigten Hebel cAB jenseits der Ueberlage c um die Hälfte cA verlängern, die Ueberlage wieder zur Unterlage machen, wie Fig. 46. und das doppelte Gewicht P an dem Ende G des verlängerten Arms aufhängen, das nun mit dem vorigen, nach der entgegengesetzten Richtung in A ziehenden, doppelten Gewicht im Gleichgewicht stehen würde. Da dis aber mit dem einfachen F vorher (Fig. 44.) im Gleichgewicht war; so muß auch nun beym doppelarmigten Hebel (Fig. 46.) das einfache Gewicht F bey der doppelten Entfernung cB = 2 dem doppelten Gewicht p bey der einfachen Entfernung cG = 1 das Gleichgewicht halten.

Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am Hebel leitete Cartesius aus dem im folgenden §. 279. angeführten

ten Satze her; Varignon aus der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte (Nouvelle mecanique ou statique, à Paris, 2 Vol. 4.). Ich habe hier den vom Hrn. Kästner gegebenen, weit evidentern, Beweis, kurz mitgetheilt. Die weitere Ausführung sehe man in dessen Vectis et compositionis virium theoria evidentius exposita. Lips. 1753. 4.

§. 276. Das Gesetz des Gleichgewichts der Kräfte am mathematischen Hebel jeder Art heißt diesemnach: die senkrecht am Hebel wirkenden Kräfte sind im Gleichgewicht, wenn ihr Verhältniß in umgekehrter Ordnung einerley ist mit dem Verhältniß ihrer Entfernungen vom Ruhepunct; oder: die Kraft ist vermögend die Last zu erhalten, wenn sie sich dazu verhält wie die Entfernung der Last vom Ruhepunct zu der Entfernung der Kraft von demselben.

So ist also, Fig. 46. F im Gleichgewicht mit P, wenn F : P = Gc : Bc. und Fig. 44. F im Gleichgewicht mit P, wenn F : P = Ac : Bc.

§. 277. Das Product, welches gefunden wird, wenn man die Last oder Kraft, oder überhaupt die Gewichte mit ihrer Entfernung vom Ruhepuncte multiplicirt, heißt das Moment der Last oder Kraft. Kraft und Last erhalten einander im Gleichgewicht am Hebel, wenn ihre Momente gleich sind —

Wenn (Fig. 46.) F 2 Pf. und P 4 Pf. beträgt, so muß, wenn Gleichgewicht stattfinden soll, (nach §. 275.) Bc : Gc = 4 : 2 seyn. Wenn wir nun diese Entfernungen vom Ruhepuncte Bc = 4 und Gc = 2 mit dem in B und G applicirten Gewicht F und P multipliciren, so erhalten wir 2 . 4 = 4 . 2, also gleiche Momente. Weil nemlich im Zustande des Gleichgewichts F : P = Gc : Bc, so ist auch F $\times$ Bc = P $\times$ Gc.

§. 278. Wenn die Richtungen der Kräfte am Hebel nicht senkrecht darauf wirken, wie wir bisher angenommen haben, sondern unter einem schiefen

Win-

Winkel, so ist die aus dem Ruhepuncte auf die Richtungslinie gezogene Perpendicullinie für die Entfernung der Kräfte vom Ruhepuncte zu halten, und es ist Gleichgewicht da, wenn die Producte der Kräfte in diese Entfernungen, oder wenn die Momente gleich sind.

Es sey AcB (Fig. 47.) ein doppelarmigter Hebel, auf den die Kräfte R und P in den schiefen Richtungen AR und BP wirken. Hier sind die auf diese Richtungen aus dem Ruhepuncte gezogenen Perpendicul cD und cE für die Entfernungen dieser Kräfte vom Ruhepuncte zu halten, und es ist Gleichgewicht da, wenn R : P = Ec : Dc, oder wenn R × Dc = P × Ec. Man kann sich nemlich vorstellen, daß das rechtwinklige Dreyeck cDA um c gedrehet werden könne; in diesem Falle wird die Kraft R bey D, an die Linie AD angebracht, mit dem Momente R × Dc wirken. Da sie nun das ganze Dreyeck cAD eben so stark mitdrehet, wenn sie cD drehet, so muß sie es auch in Ansehung cA thun; folglich ist das Moment, womit sie auf cA wirkt, = R × cD. Was von cA, gilt auch von cB.

Wenn also an dem einarmigten Hebel cA (Fig. 48) zwey Kräfte R und P an einerley Puncte A angebracht sind, und unter den schiefen Richtungen AR und AP wirken, so kann nur dann Gleichgewicht erfolgen, wenn R : P = cP : cR, oder wenn R × cR = P × cP.

Wenn die Kraft S (Fig. 47.) senkrecht auf den Hebelsarm cB wirkt, und mit R im Gleichgewichte ist, so ist S : P = cE : cB, d. i. wie der Sinus des Winkels SBP oder cBE zum Sinus totus. Eine Kraft am Hebel vermag also mehr, wenn sie senkrecht, als wenn sie schief wirkt.

§. 279. Die Bogen, durch welche die Aufhängungspuncte der am Hebel im Gleichgewicht stehenden Gewichte bewegt werden können, verhalten sich wie ihre Entfernungen vom Ruhepunct; und es ist also einerley Kraft nöthig ein einfaches Gewicht durch einen doppelten, dreyfachen, u. s. w. Raum zu führen, als ein doppeltes, dreyfaches u. s. w. Gewicht durch den einfachen Raum; oder die Geschwin-

schwindigkeit des einfachen Gewichts ist zweymal, dreymal u. s. w. größer, als die Geschwindigkeit des doppelten, dreyfachen u. s. w. Gewichts. So viel man also durch weitere Entfernung der Kraft vom Ruhepuncte des Hebels an der Kraft erspart, so viel verliert man an der Geschwindigkeit der Last.

Gesetzt, an dem doppelarmigten Hebel AcB (Fig. 49.) sey in B eine Kraft applicirt, die 4mal weiter vom Ruhepuncte c entfernt ist, als die Last in A von c; so wird sie zwar 4mal kleiner zu seyn brauchen, als die Last in A, um ihr das Gleichgewicht zu halten; aber sie wird die Last in A nur durch den einfachen Raum Aa heben, während sie den vierfachen Raum Bb durchläuft. Denn Bb : Aa = cB : cA. Wenn in dem Puncte B das einfache Gewicht, und in dem Puncte A das vierfache Gewicht angebracht wäre, so würden sie im Gleichgewichte seyn, weil 4 . cA = 1 . cB. Aber bey der Bewegung des Hebels würde der Raum, den A durchläuft, zu dem, welchen B in eben der Zeit beschreibt, sich verhalten wie 1 : 4. Es wären also die Producte aus den Gewichten in ihre respectiven Geschwindigkeiten proportional; folglich wäre gleiche Größe der Bewegung da, und also Gleichgewicht. Hierauf eben beruhet der Cartesianische Satz vom Gleichgewicht der Kräfte am Hebel (§. 275. Anm.).

§. 280. Bey dem physischen Hebel, welches jeder wirkliche Hebel ist, kömmt das Gewicht seiner Arme selbst in Betracht. Man kann ihn aber leicht auf einen mathematischen zurückbringen, wenn das Gewicht seiner Arme bekannt ist, das man nur im Schwerpuncte derselben vereinigt annehmen, und aus der Entfernung dieses Schwerpunctes vom Ruhepuncte leicht berechnen kann, wie viel Gewicht am kürzern Arme nöthig sey, um das Gleichgewicht des Schwerpunctes vom längern Arme zu erhalten.

Bestätigung durch Versuche mit Leupolds Universalwaage. Auch läßt sich hieraus leicht erklären, warum bey einem auf einem scharfkantigen Tische freyliegenden Stock eine ziemliche Last an das kurze hervorragende Ende des Stocks gehängt werden kann.

An-

Anwendung der Lehre vom Hebel auf die Bewegungen der Gliedmaßen, und der durch sie zu überwältigenden Lasten vermittelst der Muskeln. (Alph. *Borelli* oben (§. 219. 5.) angeführtes Werk; *Parent* Recheches de Mathematique et Physique, à Paris. 1713. T. II. S. 631. ff.; S. 662. ff., und 694. ff. T. III. S. 335. ingleichen Gehlers physik. Wörterb. Th. III. S. 295. ff.)

§. 281. Die Gesetze des geradlinigten Hebels lassen sich leicht auf den **Winkelhebel** oder **gebrochenen Hebel** (vectis angularis), die **Rolle** oder **Scheibe** (trochlea), den **Flaschenzug** (polyspastus), das **Rad an der Welle** (axis in peritrochio) anwenden. Die nähere Bestimmung und weitere Ausführung der Lehre von derselben gehören aber eigentlich für ein Lehrbuch der angewandten Mathematik.

4.

Bewegung und Gleichgewicht schwerer flüssiger Körper.

§. 282. Die flüssigen Körper sind zwar den allgemeinen Gesetzen der Schwere unterworfen; allein der eigenthümliche Zustand ihres Zusammenhanges macht besondere Bestimmungen nöthig. Wir handeln hier nur die Erscheinungen ab, welche tropfbare Flüssigkeiten vermöge ihrer Schwere hervorbringen; da wir die expansiblen Flüssigkeiten in der Folge einzeln betrachten.

§. 283. Bey den festen Körpern läßt sich wegen der Stärke ihrer Cohäsion ein gemeinschaftlicher Schwerpunct (§. 211.) annehmen und beweisen; bey einem flüssigen Körper kann man dies wegen des so äußerst geringen Zusammenhanges seiner Theile nicht thun, und man muß ihn vielmehr als eine Menge

von kleinen Theilchen ansehen, die wegen ihres geringen Zusammenhanges unabhängig von einander ihre Schwere äußern, oder wo jedes noch so kleine Theilchen seinen eigenen Schwerpunkt hat.

§. 284. Alle tropfbare flüssige Körper senken sich daher jederzeit an den niedern Ort, und nehmen, wenn sie ruhig stehen, jedesmal eine solche Lage an, daß ihre Oberfläche horizontal ist.

§. 285. Ein jeder Theil einer tropfbaren gleichartigen Flüssigkeit wird durch sein eigenes Gewicht, und durch den Druck aller übrigen Theile an seinem Orte erhalten, wenn die höchste Fläche eben und waagerecht ist, und es ist also jedes schwere Element desselben in Ruhe und im Gleichgewicht.

§. 286. Jeder Theil in einer gleichartigen tropfbaren Flüssigkeit wird von dem darüber und darunter stehenden Theile eben so stark gedrückt, als er selbst diesen darüber oder darunter stehenden Theil drückt.

§. 287. Aus diesen beiden Sätzen (§. 285. 286.) folgt denn auch, daß irgend ein willkührlich angenommener Theil in einer waagerecht stehenden, gleichartigen Flüssigkeit, wie z. B. der in der Gränze afgd und bec (Fig. 50) enthaltene Theil derselben, von der darüber und darunter stehenden Flüssigkeit eben so stark gedrückt werde, als er selbst diese darüber und darunter stehende Flüssigkeit drückt. Man stelle sich nun an die Stelle dieser willkührlich angenommenen Gränze eine feste unbiegsame Röhre vor, die die Flüssigkeit zwischen afgd und bec einschließt, so wird

diese

diese Röhre nun nicht stärker und nicht schwächer auf die darin enthaltene Flüssigkeit drücken, als vorher die umgebende Flüssigkeit that, in deren Stelle sie gesetzt wurde. Die äußere Flüssigkeit kann wegfallen, ohne daß der Stand der Flüssigkeit in der Röhre dadurch geändert wird. Dies gilt natürlicherweise von allen communicirenden Röhren, sie mögen gleich oder ungleich weit, gerade oder krumm, und mannigfaltig gegen einander geneigt seyn.

§. 288. Es folgt hieraus der allgemeine Satz: **Gleichartige Flüssigkeiten stehen in zusammenhängenden Röhren von jeder Gestalt, Lage und Weite der Schenkel, in diesen Schenkeln gleich hoch,** und sie sind nur dann in diesen Schenkeln im Gleichgewicht und in Ruhe, wenn die Oberflächen der Flüssigkeit in den Schenkeln in einerley waagerechten Ebene stehen.

Diesen Satz, der sich aus dem §. 287. angeführten Erfahrungssatze so leicht herleiten läßt, suchte man auch durch das Cartesische Maaß der Kräfte nach Mariotte auf die im folgenden §. angeführte Weise darzuthun. Es findet aber dabey allerdings die Erinnerung statt, daß man dabey willkührlich flüssige Körper wie feste behandelt.

Erinnerung wegen des Falles, wo der eine Schenkel der communicirenden Röhre ein Haarröhrchen ist.

§. 289. Wenn in gleich weiten verbundenen Röhren die Flüssigkeit auf der einen Seite steigen wollte, so müßte sie auf der andern Seite in eben der Zeit eben so tief fallen, und die flüssige Materie würde also in beiden Röhren eine gleiche Größe der Bewegung haben, weil Geschwindigkeit und Masse einerley wären. Gleiche Größen der Bewegung heben sich aber auf, und man sieht also leicht, daß

die Flüssigkeit den waagerechten Stand annehmen müsse, wenn die Röhren gleichweit sind. Aber eben so leicht läßt es sich auch bey zusammenhängenden Röhren von ungleicher Weite beweisen, daß Flüssigkeiten von einerley Art darin nicht eher in Ruhe kommen, bis sie gleich hoch darin stehen. Denn gesetzt, die eine Röhre hätte zehnmal so viel Grundfläche als die andere, so wird in jener die zehnfache Masse in eben der Zeit in den einfachen Raum fallen müssen, in welcher in dieser die einfache Masse den zehnfachen Raum in die Höhe steigt; denn wenn es z. B. in der weitern um einen Zoll fallen sollte, so müßte es in der engern um zehn Zoll steigen, und zwar in einerley Zeit; es sind also hier, und in jedem andern Falle Massen und Geschwindigkeiten einander umgekehrt proportional, folglich haben sie gleiche Größe der Bewegung, und die gleichen Kräfte heben sich auf. Die Flüssigkeiten einerley Art müssen also auch in ungleichen Röhren gleich hoch stehen, und sich einander das Gleichgewicht halten.

§. 290. Da also weniges Wasser in einem engern Schenkel der Röhre das Gleichgewicht hält mit vielem Wasser in dem andern weitern Schenkel, so ist leicht einzusehen, daß es auch das Gleichgewicht halten wird mit einem jeden andern Körper, der eben so viel Gewicht hat, als das in dem weitern Schenkel enthaltene Wasser.

Wenn in die communicirende Röhre ABCD (Fig. 51.) Wasser gefüllt wird, so wird dies Wasser nur dann darin ruhig stehen, wenn es in beiden Schenkeln gleich hoch ist, obgleich diese Schenkel ungleich weit sind (§. 288.). Gesetzt, daß es in dem engern Schenkel AB bis ab stehe, so wird es auch in dem weitern Schenkel CD bis cd in einerley Horizontalebene mit

ab

ab stehen müssen; sonst ist kein Gleichgewicht und keine Ruhe da. Die Wassersäule ab hält also der, ungleich mehr wiegenden, Wassersäule cd das Gleichgewicht, wenn ihre Oberflächen nur in einerley Horizontalebene liegen. Wenn nun in dem cylindrischen Schenkel CD, statt des Wassers von der Höhe ce und der Grundfläche ef, ein fester Körper läge, der an den Wänden des Schenkels eben so leicht auf- und abglitschte, als Wasser, und doch genau an die Wände anschlösse, so ist leicht einzusehn, daß, wenn dieser feste Körper eben so viel wäge, als das Wasser in dem Raume cdef, er das unterhalb ef liegende Wasser nicht stärker und nicht schwächer drücken würde, als vorher das Wasser in cdef that. Da nun das Wasser in dem engern Schenkel AB vorher das Gleichgewicht hielt mit dem Wasser in dem weitern Schenkel CD, und also auch mit dem in cdef enthaltenen, so wird es auch das Gleichgewicht halten mit dem an die Stelle des Wassers in cdef gesetzten, und gleichwiegenden, festen Körper.

Man sieht leicht, daß dies von jeder Weite des Schenkels CD gelte, und daß also sehr weniges Wasser in AB mit sehr vielem in CD, und folglich mit jedem an die Stelle des Wassers angenommenen und mit demselben gleichwiegenden Körper das Gleichgewicht halten könne.

§. 291. Wenn der eine Schenkel der Röhre tiefer abgeschnitten ist, als der andere, so wird das Wasser aus dem kürzern beständig ausfließen, wenn der andere damit höher gefüllt ist, so lange bis die Wasserflächen in beiden gleich hoch stehen. Versieht man aber den kürzern Schenkel mit einer engen Oeffnung, so springt das Wasser mit Gewalt daraus in die Höhe, wenn die Wasserfläche in dem längern Schenkel höher steht. Wenn das hervorspringende Wasser nicht selbst schwer wäre, wenn die Luft keinen Widerstand machte, und kein Reiben dabey stattfände, so müßte der hervorspringende Wasserstrahl eben so hoch steigen, als die Wasserfläche in der weitern Röhre liegt.

Versuche mit allerley hiernach angelegten kleinen Springbrunnen; und Anwendung auf größere Fontainen.

§. 292. Wenn communicirende Röhren von gleicher oder ungleicher Weite mit einer Flüssigkeit gefüllt sind, und es wird der eine Schenkel abgeschnitten, und die Mündung mit einem Deckel verschlossen, so erleidet dieser Deckel von unten her von dem darunter stehenden Wasser einen Druck, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, welche diesen Deckel zur Grundfläche, und die Höhe des Wassers in dem längern Schenkel über dem im kürzern Schenkel zur Höhe hätte. Weniges Wasser kann solchergestalt auch einen sehr großen Druck nach oben zu ausüben.

Es sey bey einer communicirenden Röhre von ungleich weiten Schenkeln (Fig. 52.) der weitere Schenkel ED in CD abgeschnitten, und mit einem genau schließenden festen Deckel an der Mündung CD versehen. Der engere Schenkel AB sey bis ab mit Wasser gefüllt. Dies Wasser würde, nach den vorhergehenden Sätzen, das Gleichgewicht halten mit dem Wasser, das in dem weitern Schenkel ED bis d reichte, wenn er bis dahin verlängert, und in CD mit keinem Deckel geschlossen wäre. Dann würde die Wasserfläche in CD einen Druck erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich wäre, die CD zur Grundfläche, und Cc oder Dd zur Höhe hätte. So stark aber, als die Wassersäule cdCD über der Fläche CD abwärts drückte, so stark mußte das Wasser unterhalb der Fläche CD aufwärts drücken; denn sonst wäre kein Gleichgewicht des Wassers in diesem weiten Schenkel mit dem im engen Schenkel, bey gleicher Horizontalfläche abcd. Wird nun in CD ein fester Deckel angenommen, und reicht das Wasser im engern Schenkel bis ab, so wird der Deckel auch von unten her einen Druck erleiden, der gleich ist dem Gewicht einer Wassersäule, die CD zur Grundfläche und Cc zur Höhe hat.

Dieser Schluß gilt, so weit auch CD in Vergleichung am engern Schenkel AB angenommen wird, und man sieht also, daß sehr weniges Wasser in AB einen sehr großen Druck in CD nach oben zu ausüben könne.

So leidet auch nach eben diesen Schlüssen der obere Theil der Wand ef der communicirenden Röhre (Fig. 52.), die bis ab mit Wasser gefüllt ist, einen Druck nach oben, der gleich ist dem Drucke einer Wassersäule, wel-

welcher af zur Grundfläche, und ab oder fc zur Höhe hat.

Dies ist auch der Fall von jedem andern unregelmäßig gebildeten Gefäße. Es sey (Fig. 53.) ABCdck ein solches Gefäß im senkrechten Durchschnitt, es sey bis A mit Wasser gefüllt, und ganz verschlossen. Der Theil cd des Gefäßes wird einen Druck nach oben erleiden, der dem Gewicht der Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; denn wenn cd offen wäre, und eine Röhre fbcd darüber stünde, so würde in derselben das Wasser bis bf stehen, wenn es in A so hoch stünde, und die Fläche cd würde dadurch so stark gedrückt werden, als diese Wassersäule drücken würde, folglich auch eben so stark entgegen drücken. kg muß einen Druck nach oben zu erleiden, der dem Gewichte einer Wassersäule gleich ist, die kg zur Grundfläche und kl oder gf zur Höhe hat. Endlich die geneigte Wand Ak leidet einen Druck nach oben, der gleich ist dem Gewichte einer Wassersäule, die hk zur Grundfläche und ½ kl zur Höhe hat.

Hierauf gründet sich auch

1) S'Gravesande's *follis hydrostaticus* (Elem. phys. mathemat. L. II. c. 2. Exp. 5. §. 729. *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. T. II. §. 1283.

2) Wolfs anatomischer Heber (Nützliche Versuche Th. I. Cap. 3. §. 58.)

§. 293. Es leidet wol keinen Zweifel, daß der Druck einer tropfbaren Flüssigkeit gegen den Boden zunehmen müsse, wenn die Höhe derselben in einem Gefäße zunimmt; und eben so ist auch klar, daß, wenn die Grundfläche des Gefäßes vergrößert wird, bey derselbigen Höhe um so mehr Wasser in das Gefäß geht, als die Vergrößerung der Grundfläche beträgt, folglich der Druck gegen den Boden ebenfalls auch zunimmt, wie die Grundfläche. Aus beiden folgt also: **daß der Druck der tropfbaren flüssigen Körper in einem zusammengesetzten Verhältniß ihrer senkrechten Höhen und Grundflächen sey.**

§ 294. Auch in einem unregelmäßig gebildeten Gefäße drückt eine tropfbare Flüssigkeit gegen den

Bo-

den so stark, als das Gewicht einer senkrechten Wassersäule drücken würde, die den Boden zur Grundfläche, und die perpendiculäre Höhe der Flüssigkeit im Gefäße zur Höhe hätte.

Wenn das Gefäß ABCdegk (Fig. 53.) mit Wasser bis A gefüllt ist, so leidet der Boden BC einen Druck, der dem Gewicht einer Wassersäule gleich ist, die BC zur Grundfläche, und AB, oder bC zur Höhe hat. Der Theil desselben Cm zum Beyspiel, leidet einen Druck, als wenn eine Wassersäule fbmC über ihm stünde. Denn cd wird nach oben zu so stark gedrückt, als das Gewicht der Wassersäule fbcd beträgt, wie aus dem vorigen §. 292 bekannt ist. Da aber der Theil der Wand cd fest genug angenommen wird, um diesem aufwärts gerichteten Drucke völlig zu widerstehen, so muß er auf das unter ihm befindliche Wasser eben so stark zurückwirken, und zu dem Drucke der Wassersäule cdmC gegen mC zu muß also noch ein Druck kommen, der dem Widerstande von der Wand cd, oder dem Drucke einer Wassersäule gleich ist, die cd zur Grundfläche und db zur Höhe hat; folglich muß mC überhaupt einen Druck erleiden, der dem Gewichte der Wassersäule fbcd + cdmC gleich ist. So läßt es sich nun weiter für jeden andern Theil des Bodens BC beweisen.

Man darf aber hieraus nicht erwarten, daß das mit Wasser ganz gefüllte Gefäß ABCdegk auf die Waagschaal gesetzt, sie so stark drücken werde, als ob eine Wassersäule darin wäre, die BC zur Grundfläche und AB oder bC zur Höhe hätte, wenn man auf das Gewicht des Gefäßes selbst nicht Rücksicht nimmt. Denn, wenn gleich das Wasser gegen den Boden des Gefäßes eben so stark senkrecht drückt, so drückt es doch auch zugleich nach oben zu, gegen cd, kg, und kA senkrecht; daher geht von der gesammten bewegenden Kraft des Gefäßes nach unten zu so viel ab, als die entgegengesetzte nach oben zu beträgt.

§. 295. Der Druck des Wassers auf den Boden eines Gefäßes richtet sich also nicht nach der Wassermenge im Gefäße, sondern bloß nach der senkrechten Höhe des Wassers über dem Boden und der Grundfläche desselben; und jeder Theil des Bodens leidet den Druck einer Wassersäule, deren

Grund-

Grundfläche dieser Theil und deren Höhe die senkrechte Tiefe dieses Theils unter der Oberfläche des Wassers ist.

§. 296. Wenn man in ein Gefäß, das mit Wasser gefüllt und oben offen ist, zur Seite mehrere kleine Oeffnungen über einander macht, so springt das Wasser mit mehr oder weniger Gewalt zur Seite heraus, und zwar um desto stärker, je näher die Oeffnung nach dem Boden zu liegt, oder je höher die darüber stehende Wassersäule ist.

§. 297. Wir müssen aus diesem Versuche schließen, daß der Druck des Wassers sich nicht allein unterwärts nach dem Boden des Gefäßes zu äußere, sondern auch zur Seite auf die Wände des Gefäßes; und daß dieser Druck abnehme, wie die Höhe des Wassers abnimmt. Jeder Punct der Seitenfläche eines mit Wasser gefüllten Gefäßes leidet einen Druck, der gleich ist dem Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche diesem Puncte, und deren Höhe der Entfernung dieses Punctes der Seitenwand in lothrechter Linie von der Oberfläche des Wassers gleich ist; oder jeder Theil der Seitenwand leidet einen Druck, wie eine ihm gleiche Fläche, wenn diese in derselben Tiefe horizontal gehalten würde; nur muß dieser Theil klein genug genommen werden.

Es sey ein cubisches Gefäß ABCD (Fig. 54.) mit Wasser bis AC gefüllt, so kann man sich dieses Wasser in lauter gleich hohe, mit dem horizontalen Boden BD parallellaufende Schichten getheilt vorstellen. Die höher liegenden Schichten pressen auf die untern mit einer Kraft, die der Summe ihrer Gewichte gleich ist. So hat die Schicht abcd das Gewichte der Schicht ACab zu tragen; die Schicht cdef hat das Gewicht der

Schicht

Schicht abcd, aber auch zugleich dadurch das Gewicht der Schicht ACab zu tragen, u. s. f. Es ist nun klar, daß z. B. die Wasserschicht cdef von den darüber liegenden Schichten eben so gepreßt wird, als ob ein fester schwerer Körper von dem Gewichte der Wassersäule ACcd darüber läge, und allenthalben gleichförmig auf die Fläche cd drückte. Da das Wasser so große Verschiebbarkeit seiner Theile hat, und der Boden des Gefäßes widerstehend angenommen wird, so muß sich seine Pressung, die es von oben her erleidet, nach den Seitenwänden fortpflanzen. Da nun der Druck von oben her zunimmt, je niedriger die Schichten gegen den Boden zu liegen, so muß auch dieser Seitendruck des Wassers zunehmen. Wenn in km eine communicirende Röhre kmpq angesetzt wäre, und das Stücke km der Seitenwand wäre weggenommen, so würde die Röhre bis an die Horizontalfläche AC auch mit Wasser angefüllt seyn müssen, damit dasselbe dem in AC über lm das Gleichgewicht hielte. Würde nun das Stück km der Seitenwand wieder eingesetzt, so würde es von dem umgebenden Wasser unstreitig einen Druck erleiden, der dem Druck einer Wassersäule gleich wäre, die km zur Grundfläche, und die Höhe von der Mitte zwischen k und m bis C hätte. Denn da k höher liegt, als m, so muß km entweder unendlich klein, oder es muß die Mitte zwischen k und m als der unterste Punkt der Höhe genommen werden.

§. 298. Dieser Druck des Wassers auf die Seitenflächen eines Gefäßes nimmt von oben in arithmetischer Progression zu. Ist ein cubisches Gefäß mit Wasser ganz erfüllt, so beträgt der Druck des Wassers gegen eine ganze Seitenfläche des Gefäßes halb so viel, als gegen den Boden; und gegen alle vier Flächen noch einmal so viel als gegen den Boden.

Es sey das cubische Gefäß ACBD (Fig. 54.) mit Wasser angefüllt, so ist der Druck gegen den Boden gleich dem Druck einer Wassersäule, die BD zur Grundfläche und BA zur Höhe hat (§. 295); der Druck gegen die Seitenwand AB aber ist gleich dem Drucke einer Wassersäule, die AB zur Grundfläche und ½ AB zur Höhe hat (§. 297. Anm.); folglich ist dieser Druck gegen AB halb so groß, als gegen BD.

§. 299.

§. 299. Auf diesen Seitendruck der tropfba Flüssigkeiten, und die Zunahme desselben, so die Tiefe gegen den Boden zu zunimmt, gründen eben, die im §. 296. angeführte Erfahrung, u andere Phänomene.

1) Segners hydraulische Maschine, durch den Seitendruck des Wassers in Be gung gesetzt wird. (S. Gehlers phys. W terb. Th. IV. S. 8. ff.)

2) In eine oben offene Glasröhre, an de untere Oeffnung eine mit einer Flüssigk gefüllte Blase gebunden ist, steigt diese Fl sigkeit in die Höhe, wenn die Blase und Rö in Wasser getaucht werden, und steigt de höher, je tiefer sie getaucht werden.

3) Eine leere verstopfte, dünne gläserne Flasc mit platten Seitenflächen, zerbricht durch Seitendruck des Wassers, wenn man sie in dasselbe taucht.

§. 300. Aus allen bisher vorgetragenen Sät folgt nun, daß eine tropfbare Flüssigkeit unterh ihrer Fläche nach allen möglichen Richtungen drü nach oben (§. 292.), nach unten (§. 294.) und Seite (§. 297.).

§. 301. Wenn eine Flüssigkeit schwererer auf eine andere Flüssigkeit leichterer Art (mit der sich nicht chemisch verbindet, oder von der sie ni aufgelöst wird,) gegossen wird, so ist kein Zwei daß sie die untere nicht aus ihrer Stelle v drängen wird, oder daß diese, ehe alles in Ruhe kommen ist, nicht in dem obern Theile des Ge ßes von der schwerern hinaufgedrückt wür

All

Allein wenn man eine schwerere flüssige Materie auf eine andere leichtere so gießen könnte, daß beider Oberflächen vollkommen waagerecht blieben, so ist kein Grund vorhanden, warum die schwerere nach unten zu gehen sollte. Denn sie würde in allen Puncten gleich stark drücken, und die untere leichtere Flüssigkeit könnte also in keinem Puncte nach oben zu ausweichen, und auch nicht nach den übrigen Seiten zu wegen des Gefäßes.

§. 302. Wenn man aber den schwerern flüssigen Körper zu dem leichtern schüttet, so kann dis nie in der Art geschehen, daß die Oberflächen horizontal bleiben, und wegen des stärkern Drucks der schwerern Säulen der schwerern Flüssigkeit muß der leichtere zur Seite empor gehoben werden, und sich über den schwerern ergießen, und es kommt nicht eher Ruhe und Gleichgewicht der Theile, bis der leichtere nach oben zu steht, und jede Flüssigkeit eine horizontale Fläche erhalten hat.

§. 303. So steigen also leichtere Flüssigkeiten durch schwerere (von denen sie nicht, oder nicht gleich aufgelöst werden) in die Höhe, und stellen sich endlich nach ihrem verschiedenen eigenthümlichen Gewicht so über einander, daß jeder eine horizontale Oberfläche hat.

Beyspiele: an der sogenannten Elementarwelt aus Quecksilber, der Auflösung des Gewächsalkali im Wasser, Weingeiste und Steinöhl; an dem Passevin, oder der scheinbaren Verwandlung des Wassers in Wein.

§. 304. Wenn zusammenhängende Röhren mit Flüssigkeiten von verschiedener Art und verschiedenem eigenthümlichen Gewicht angefüllt werden, so wird

die

die schwerere Säule, die bey gleichem Umfang mehr Gewicht hat, stärker drücken, als die andere. Wenn sie aber im Gleichgewicht gegen einander seyn sollen, so müssen ihre Gewichte gleich groß seyn. Es wird also die flüssige Materie leichterer Art so vielmal höher stehen, als die von schwererer Art, so vielmal die letztere die erstere an specifischem Gewichte übertrifft: oder, **der senkrechte Druck der Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewicht gegen einander, ist im Verhältniß ihrer specifischen Gewichte, und sie stehen in zusammenhängenden Röhren im Gleichgewicht, wenn ihre Höhen sich umgekehrt wie ihre specifischen Gewichte verhalten.**

Bestätigung durch Versuche in zusammenhängenden Röhren mit Quecksilber und Wasser.

§. 305. Eben dis erfolgt, wenn auch die Röhren nicht gleich weit sind. — Man kann also leicht die Höhen zweyer flüssigen Körper von verschiedenen eigenthümlichen Gewichte, die sie in zusammenhängenden Röhren haben, bestimmen, wenn man nur das Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte weiß; und so kann man auch aus der Höhe einer Flüssigkeit gegen das Wasser den Unterschied des eigenthümlichen Gewichts oder der Dichtigkeit zwischen beiden finden. Wegen des verschiedenen Cohärirens der Flüssigkeiten mit den Gefäßen ist indessen diese Bestimmungsart nicht genau und scharf genug.

Ein Werkzeug zur Bestimmung der eigenthümlichen Gewichte verschiedener Flüssigkeiten gegen einander, nach diesen Grundsätzen, hat Hr. Achard angegeben. (Vorles. über die Experimentalphys. Th. II. S. 164.)

§. 306.

§. 306. Ein fester Körper schwererer Art sinkt in einem flüssigen leichterer Art unter. Denn wir können uns vorstellen, daß die Flüssigkeit aus lauter neben einander befindlichen Wassersäulen bestehe, die dann im Gleichgewicht gegen einander sind, wenn ihre Oberflächen in einerley Horizontalebene liegen. Wird nun ein schwerer fester Körper darauf gelegt, so nimmt natürlicherweise der Druck der unter ihm befindlichen Wassersäulen durch sein eigen Gewicht zu, und die Wassersäulen zur Seite müssen in die Höhe steigen, um das Gleichgewicht hervorzubringen, und sie müssen höher steigen, als die Horizontalebene des festen schweren Körpers beträgt (nach §. 304.); da aber der Druck des Wassers auch seitwärts stattfindet, so fließen diese höher gestiegene Wassersäulen zur Seite über den tiefer liegenden festen Körper her, dadurch wird das Gleichgewicht natürlicherweise immer wieder aufgehoben, und der feste schwerere Körper sinkt bis auf den Boden des Gefäßes hinab, und dann setzt sich erst das Wasser ins Gleichgewicht oder nimmt eine horizontale Oberfläche an.

§. 307. Wenn der schwerere feste Körper in den leichtern flüssigen eingetaucht wird, so sinkt er darin nicht mit seiner ganzen Kraft der Schwere. Denn an dem Orte, worin er jetzt eingetaucht ist, war vorher so viel Wasser, als in den Raum des festen Körpers geht, und das ganze Gewicht dieses Wassers wurde von der übrigen Flüssigkeit getragen (§. 285.). Es wird also auch durch den Gegendruck der Flüssigkeit von dem absoluten Gewichte oder von der Größe des Druckes des schwerern festen Körpers so viel aufgehoben und gewissermaßen vernichtet, als

das

das absolute Gewicht oder die Größe des Druckes eines eben so großen Wasserklumpens beträgt, und er sinkt daher nicht mit seiner ganzen Kraft oder seinem ganzen Gewicht, sondern nur mit dem Theil, welcher übrig bleibt, wenn man von seinem absoluten Gewichte das absolute Gewicht eines eben so großen Wasserklumpens abzieht. Diesen übrigbleibenden Theil seines Druckes nennt man sein respectives Gewicht (pondus respectivum).

§. 308. **Ein fester Körper schwererer Art sinkt daher in einem flüssigen leichterer Art mit seinem respectiven Gewicht (§. 307.) zu Boden, und verliert, wenn er darin versenkt wird, so viel von seinem absoluten Gewichte, als der flüssige Körper wiegt, der seinen Raum erfüllen würde, und den er aus der Stelle treibt.**

Bestätigung durch Versuche: Ein metallner Würfel, der an einem Pferdehaar an einer Waage hängt, wird im Wasser gewogen, und er braucht so viel weniger Gegengewicht, denn vorher in der Luft, um im Gleichgewicht erhalten zu werden, als das Wasser wiegt, welches mit dem Würfel von gleichem Umfange ist, oder welches in einen Eimer geht, worin der Würfel genau paßt.

§. 309. Schwere feste Körper von gleichem Volum verlieren in einerley leichterm flüssigen Körper gleiche Summen von ihrem absoluten Gewichte, ihr eigenthümliches Gewicht mag verschieden oder einerley seyn. Ihr respectives Gewicht, welches übrig bleibt, ist aber freylich nach Verhältniß ihrer eigenthümlichen Gewichte verschieden.

Bestätigung durch Versuche mit einem zinnernen und einem bleyernen Würfel, die jeder einen rheinl. Decimal-Cubik-Zoll groß sind, und gleichviel in einerley Flüssigkeit verlieren; aber ungleiches respectives Gewicht übrig behalten, mit dem sie zu sinken streben.

§. 310.

§. 310. Bey schweren festen Körpern von ungleicher Größe und einerley absolutem Gewicht verliert der größere Körper mehr, als der kleinere; oder, welches einerley ist, der, welcher das größere eigenthümliche Gewicht hat, verliert weniger, als der das geringere besitzt.

Bestätigung durch Versuche mit einer elfenbeinernen Kugel, und einer Bleykugel, die beide gleichviel wiegen, aber ungleichviel beym Wasserwägen verlieren. Die größere elfenbeinerne Kugel verliert mehr, als die kleinere Bleykugel.

§. 311. Einerley fester Körper verliert in Flüssigkeiten von verschiedenem eigenthümlichen Gewichte ungleich viel von seinem absoluten Gewichte; in den dichtern oder schwerern mehr, als in den lockerern oder leichtern.

Versuche mit Salzsoole, Wasser, Wein, Weingeist, u. d. gl. worin einerley fester Körper ungleich viel verliert.
Anwendung hievon auf Flüssigkeiten einerley Art, die eine verschiedene Wärme haben.

§. 312. Ein fester Körper, welcher mit einer Flüssigkeit gleiches eigenthümliches Gewichte hat, muß in derselben nothwendig sein ganzes Gewicht verlieren, und sein respectives Gewicht (§. 307.) wird also = 0 seyn. Er wird also, in die Flüssigkeit versenkt, weder sinken, noch steigen, sondern ruhig schweben.

Versuche mit einem Ey, das in reinem Wasser sinkt, in Salzsoole schwimmt, in der Vermischung von beiden nach einem richtigen Verhältniß aber schwebt.
Versuche mit den Cartesianischen Teufelchen.

§. 313. Die flüssige Materie, worein ein fester Körper gehängt wird, nimmt in ihrem Drucke nach unten um so viel zu, als der feste Körper davon verliert

liert, oder als die flüssige Materie wiegt, die in den Raum geht, welchen der Körper einnimmt.

Versuch: Ein metallener Würfel von der Größe eines Cubikzolles wird an einem Faden hängend in Wasser gehalten, das in einem Trinkglase auf einer Waagschaale steht, und an der Waage ins Gleichgewicht gesetzt war. Das Gleichgewicht wird gestört, und das Wasser drückt nun die Waagschaale genau um so viel stärker, als es drücken würde, wenn noch ein Cubikzoll Wasser hinzu käme. Der Faden hat nur noch das respective Gewicht des Würfels zu tragen.

Das Gewicht, was der schwerere feste Körper im Wasser verliert (§. 308.), geht also nicht verlohren, sondern wird vom Wasser gewonnen. Es ist nemlich jetzt eben so gut, als ob noch so viel Wasser hinzukäme, als in das Volum des festen Körpers geht; und die Höhe der Flüssigkeit nimmt um so viel in dem Glase zu, als sie zunehmen würde, wenn noch ein Cubikzoll Wasser hinzukäme. Mit der Zunahme der Höhe bey gleicher Grundfläche der Flüssigkeit wächst aber auch der Druck gegen den Boden.

§. 314. Ein fester Körper leichterer Art wiegt weniger, als die flüssige Materie schwererer Art, die mit ihm gleichen Raum erfüllt (§. 191.). Es ist daher schlechterdings unmöglich, daß er darin untersinken sollte, weil der Klumpen der flüssigen Materie, den er aus der Stelle treiben müßte, stärker drückt, als er selbst, und er muß also darauf schwimmen. Wird aber der leichtere feste Körper auf die Oberfläche der flüssigen Materie gelegt, so muß er sich darin so tief eintauchen, bis die Menge der von ihm verdrängten Flüssigkeit ihm am Gewichte gleich ist. Denn, wenn man ihn auf die Flüssigkeit setzt, so drückt er doch vermöge seines eigenen Gewichts auf die unter ihm stehende Säule der Flüssigkeit, und das Gewicht dieser Säule wird dadurch vermehret, sie senkt sich also so tief ein, bis sie die Höhe hat, daß sie mit dem darauf liegenden festen Kör-

per das Gleichgewicht mit den benachbarten Säulen der Flüssigkeit hält. Wer sieht also nicht, daß der feste Körper eintauchen müsse, und zwar so tief, bis das aus der Stelle getriebene Wasser eben so viel wiegt, als der ganze Körper?

§. 315. Ein schwererer fester Körper muß sich daher in einerley Flüssigkeit tiefer eintauchen, als ein anderer leichterer. Ferner einerley fester Körper muß sich desto tiefer eintauchen, je leichter die Flüssigkeit ist, worin er eingetaucht wird; und feste Körper, die in leichtern Flüssigkeiten sinken, schwimmen in schwerern.

Bestätigung durch Versuche mit gleichen Würfeln von verschiedenen Holzarten, die alle specifisch leichter sind, als Wasser, aber von verschiedenem specifischen Gewichte, die sich in einerley Wasser ungleich tief beym Schwimmen eintauchen.

Versuche mit einem und demselben Würfel von Holz, der sich in Weingeiste tiefer eintaucht, als in Wasser, in dieses tiefer als in Salzsoole.

Versuche mit hohlen Glaskugeln, die mit Bley beschwert sind, und in Salzsoole schwimmen, aber in Wasser sinken, oder in Wasser schwimmen, und in Salzsoole sinken.

Anwendung davon auf das Schwimmen eines Schiffes in süßem Wasser und im Seewasser.

§. 316. Man kann aus diesem Grunde die eigenthümlichen Gewichte verschiedener flüssiger Körper (freylich nicht mit der größten Genauigkeit) gegen einander vergleichen, wenn man einerley leichtern festen Körper von einer bequemen Gestalt darin schwimmen läßt, und den Unterschied der Tiefe bemerkt, um welche er sich eintaucht. Wie sich verhalten die Umfänge des eingetauchten Theils, so verhalten sich die eigenthümlichen Gewichte der Flüssigkeiten umgekehrt. Hierauf gründet sich die Einrichtung

tung der Aräometer (araeometra), oder der sogenannten Salz-, Wasser-, Bier- und Brandweinwaagen.

Um z. B. eine Salzsoolenwaage vorzurichten, die durch ihr Eintauchen gleich den Gehalt der Soole an Salz in einer Berliner Kanne angeben soll, löset man erst ein Loth Kochsalz in destillirtem Wasser auf, und setzt noch so viel Wasser zu, bis alles genau eine Kanne ist. Man läßt den Aräometer darin senkrecht schwimmen, und merkt genau die Stelle, wo er aus dem Niveau der Flüssigkeit hervorragte. Man bezeichnet sie mit 1. Man löst ferner 2 Loth Kochsalz im destillirten Wasser auf, und schüttet soviel Wasser nach, daß das Ganze das Volum einer Kanne hat. Man setzt den gehörig abgetrockneten Aräometer wieder hinein, merkt sich die Stelle, wo er beym senkrechten Schwimmen aus der Fläche der Flüssigkeit hervorragt, und bezeichnet sie mit 2. und so fährt man fort, von Loth zu Loth, bis die Soole gesättigt ist. Es ist hierbey wohl zu merken, daß man nie das Salz in einer schon abgemessenen Kanne Wasser auflösen muß; denn dadurch würde das Volum beider nachher mehr betragen, als Eine Kanne.

Da indessen die natürlichen Salzsoolen außer dem Kochsalze immer noch andere Salze und Erden enthalten, als Gyps, luftsaure Kalkerde, salzsaure Kalk- und Bittererde, die doch auch das specifische Gewicht der Flüssigkeit vermehren; so sieht man leicht, daß die Aräometer nach voriger Art gradirt keinesweges genau den Gehalt der natürlichen Salzsoole an Kochsalz, sondern immer zu groß angeben.

§. 317. Wenn ein fester Körper auf einer Flüssigkeit schwimmen soll, so ist gerade nicht nöthig, daß alle seine Theile ein geringeres eigenthümliches Gewicht haben, als die Flüssigkeit; sondern es ist nur nöthig, daß die Materie in dem ganzen Volum des Körpers nicht so viel wiegt, als ein gleich großes Volum der Flüssigkeit. Es können daher sehr wohl schwerere feste Körper in leichtern Flüssigkeiten zum Schwimmen gebracht werden, wenn sie mit andern ungleichartigen verbunden werden, die specifisch leich-

ter sind; als die Flüssigkeit, in dem Maaße, daß der Raum dieser Verbindung nicht so viel wiegt, als ein eben so großer Raum, der mit der Flüssigkeit erfüllt ist.

Hierauf beruhet das Schwimmen beladener Schiffe, der Menschen auf Blasen, auf Schwimmgürteln, Binsen u. d. gl., der Mechanismus des Aufsteigens und Niedersinkens der Fische im Wasser; die Art Schiffe in seichte Häfen zu buxiren; das Emporkommen der Leichname Ertrunkener, das Schwimmen metallener und gläserner Kugeln, der Bouteillen, der Pontons, u. d. gl.

Von diesem bisher erwähnten Schwimmen der festen Körper auf specifisch schwerern Flüssigkeiten, dem *innatare fluido*, oder dem französischen *Flotter*, ist das *Natare* und *Nager*, oder das Schwimmen, wie der Menschen und Thiere auf Wasser durch Hülfe eigener Bewegungen zu unterscheiden. Diese letztere Art des Schwimmens beruhet auf dem Widerstande, welchen die Theile der Flüssigkeit bey ihrem Verrücken aus der Stelle, entgegensetzen; und so schwimmen die Vögel in der specifisch leichtern Luft dadurch, daß sie mit ihren Flügeln die Lufttheilchen schneller schlagen, als diese auszuweichen im Stande sind. Eben darauf beruht der Mechanismus des Schwimmens der Menschen und vierfüßigen Thiere im Wasser. Daß die letzteren leichter schwimmen, als Menschen, hat vorzüglich in der Stellung ihres Kopfs und dem Ligamento Nuchae seinen Grund, wodurch sie nicht genöthigt werden, einen Theil ihrer Muscularkraft dahin zu verwenden, wohin ihn der Mensch verwenden muß, nemlich den Kopf aus dem Wasser bey der horizontalen Lage des Körpers hervorragend zu machen. — Uebrigens läßt sich leicht beweisen, daß der stärkste Mann in seinen Armen nicht die Muskelkraft besitze, die nöthig wäre, um Flügel von der hinreichenden Geschwindigkeit zu schwingen, um damit in der Luft fliegen zu können.

Der Körper der Menschen ist gewöhnlich specifisch schwerer, als Wasser. Nach Muschenbroek (introd. ad philos. nat. T. II. §. 1399.) ist sein eigenthümliches Gewicht gegen das des Wassers wie 1,111 zu 1,000; oder ein gleiches Volum Wasser wiegt $\frac{1}{9}$ weniger, als der Körper des Menschen. Beym Mechanismus des Schwimmens nun hat der Mensch nicht sein ganzes absolutes Gewicht im Wasser empor zu halten, sondern nur sein respectives Gewicht, oder diesen Ueberschuß seines absoluten Gewichts über das absolute Gewicht eines so großen

ßen Wasservolums, als er aus der Stelle drängt, addirt zu dem Gewichte des Theils von ihm, der noch hervorragt.

Da sich beym Hineintreten ins Wasser die Lage des Schwerpuncts des Körpers nach oben in den Theil des Körpers erhebt, der noch hervorragt, so wird dadurch die Gefahr des Umschlagens im Wasser gar sehr vermehrt, wenn man nur bis an den Leib oder bis an die Brust im Wasser geht. Auf diesen Umstand müßte beym Baden in der That sehr Rücksicht genommen werden; und Personen, die nicht schwimmen können, müßten sich nur an seichten Stellen sitzend oder liegend baden. Man lese hierüber einen Aufsatz des Hr. Hofr. Ebell im Neuen hannöverischen Magazin 1792. St. 82.

Beyspiele von Menschen, die meist eben so schwer, als Wasser, und er ist noch leichter, als dasselbe waren, sehe man bey Robertson (in den Philosoph. Transact. Vol. L. S. 30.). Das Beyspiel von Paolo Moccia, der zwar 300 neapolitanische Pfunde wog, aber doch noch 30 Pf. leichter war, als ein eben so großes Volum von Wasser, erzählt Karsten (Lehrbegriff der gesammten Mathemat. Th. III. Hydrostat. §. 31.)

§. 318. Die Kräfte, mit welchen gleich große feste Körper von schwererer Art in einer specifisch leichtern Flüssigkeit zu Boden sinken, verhalten sich wie ihre respectiven Gewichte (§. 307.); und die Kräfte, mit welchen verschiedene specifisch leichtere feste Körper von gleichem Umfange in einer specifisch schwerern Flüssigkeit emporsteigen, verhalten sich wie die Differenzen des Gewichts der festen Körper und der flüssigen Materie, die aus der Stelle getrieben wird. Das Aufsteigen und das Niedersinken geschiehet mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit.

Es gründet sich hierauf auch die Berechnung der Ladung, die ein Schiff tragen kann, wenn es sich bis zu einer gewissen Tiefe eintauchen soll. (M. s. Gehlers physik. Wörterb. Th. III. S. 938.).

§. 319. Die schönste Anwendung finden die bisher vorgetragenen Sätze von dem Drucke der tropfbaren

baren flüssigen Körper auf feste in ihnen eingetauchte, (§. 307. ff..) an dem darauf sich gründenden Verfahren, das eigenthümliche Gewicht fester und flüssiger Körper unter einander zu vergleichen. Das vorzüglichste Werkzeug hiezu ist die hydrostatische Waage, die sich eigentlich von einer gewöhnlichen Waage nur durch ihre größere Empfindlichkeit auszeichnet, sonst aber zu der Absicht, feste oder flüssige Körper damit in flüssiger Materie abzuwägen, eine eigenthümliche bequemere Einrichtung haben muß.

§. 320. Zur Vergleichung des eigenthümlichen Gewichts mehrerer Körper unter einander muß man das eigenthümliche Gewicht irgend eines Körpers zur Einheit annehmen. Man wählt dazu am bequemsten reines destillirtes Regen- oder Schneewasser, dessen Temperatur man aber nothwendig, so wie der andern zu untersuchenden Körper, bestimmen muß, weil sich die Dichtigkeit der Körper, wie im Folgenden weiter dargethan wird, nach der verschiedenen Temperatur sehr verändert.

Nöthige Erinnerungen, wegen des Aufhängens der festen Körper an die hydrostatische Waage. Man wählt dazu Pferdehaar, dessen eigenthümliches Gewicht von dem des Wassers nicht sehr verschieden ist.

§. 321. Um das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes verschiedener flüssiger Körper gegen reines Wasser zu finden, wiegt man einen festen Körper (einen solchen, der von den Flüssigkeiten nicht angegriffen oder aufgelöst wird, am besten eine massive Glaskugel,) erst in der Luft ab, versenkt ihn dann in das Wasser, merkt genau den Verlust, welchen er von seinem absoluten Gewicht erleidet, trocknet ihn dann wieder gehörig ab,

und

und bestimmt mit gleicher Sorgfalt den Verlust, welchen er in den andern zu untersuchenden Flüssigkeiten erleidet. Das Gewichte, was ein und eben derselbe feste Körper in einer jeden andern flüssigen Materie verliert, durch das dividirt, was er im Wasser verliert, giebt das eigenthümliche Gewicht der flüssigen Materie gegen das zur Einheit angenommene eigenthümliche Gewicht des reinen Wassers.

Man findet nemlich durch dies Verfahren das absolute Gewicht der verschiedenen Flüssigkeiten und des reinen Wassers, bey gleichem Volum, nemlich bey dem Volum des eingetauchten festen Körpers; oder der Verlust desselben von seinem absoluten Gewichte in den Flüssigkeiten ist das Gewicht dieser Flüssigkeiten bey seinem Volum (§. 308.). Die specifischen Gewichte dieser Flüssigkeiten verhalten sich folglich wie diese absoluten Gewichte, oder, wie der Verlust des festen Körpers in denselben.

§. 322. So kann man auch dadurch finden, wie groß das absolute Gewicht eines gewissen gegebenen Volum einer Flüssigkeit sey, wenn man einen schweren festen Körper von diesem gegebenen Volum (oder dessen Volum man weiß) in der Flüssigkeit abwiegt, und den Verlust desselben darin merkt. Denn der feste Körper verliert so viel von seinem absoluten Gewicht, als die Flüssigkeit wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt (§. 308).

Nach wiederholten Versuchen, die ich mit dem sel. Hrn. Hofr. Karsten angestellt habe, wiegt ein rheinländischer Decimalkubikzoll reines destillirtes Wasser bey 60 bis 70 Grad Fahrenh. 502$\frac{11}{16}$ Gran Kölln. oder 492$\frac{11}{16}$ Gran im Medicinalgewicht; ein rheinl. Cubikfuß Wasser von der genannten Temperatur wiegt also im Kölln. Gewicht 502687$\frac{1}{2}$ Gran, oder 65 Pfund, 14 L. 2 Q. 7$\frac{1}{2}$ Gr.; im deutschen Medicinalgewicht aber (das Pfund zu 16 Unzen) 64 Pfund, 1 Unze, 3 Drachmen, 2 Scrupel, 9$\frac{1}{2}$ Gran. (Karsten Anleit. zur gemeinnützl. Kenntniß der Natur §. 42.)

§. 323. Um das eigenthümliche Gewicht schwerer fester Körper gegen das Wasser zu vergleichen, so wiege man den Körper zuerst in der Luft, und bestimme dann genau den Verlust, den er ins Wasser versenkt leidet. Sein absolutes Gewicht, durch das dividirt, was er im Wasser verliert, giebt das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichts gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 324. Körper, welche sich im Wasser auflösen lassen, wiegt man entweder im stärksten Weingeiste oder in Terpentinöle ab, auf eben die Art, wie im Wasser. Weiß man nun das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes dieser Flüssigkeiten gegen das eigenthümliche Gewicht des Wassers (was man nach §. 321. suchen kann), so kann man auch leicht das eigenthümliche Gewicht des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers durch Rechnung finden.

§. 325. Um kleine Stücke oder ein grobes Pulver von einem Körper, dessen eigenthümliches Gewicht größer ist, als das des Wassers, in Rücksicht des Verhältnisses dieser eigenthümlichen Gewichte zu untersuchen, so kann man so verfahren: Man bringe einen kleinen gläsernen Eimer, oder eine kleine gläserne Phiole, die recht trocken ist, an der hydrostatischen Waage ins Gleichgewicht, thue den festen Stoff hinein, merke sein absolutes Gewicht, fülle das Gefäß mit destillirtem Wasser voll, bemerke das Gewicht von beiden zusammen, ziehe von der Summe das Gewicht der festen Masse ab, der Rest giebt das Gewicht des Wassers an. Man leere den gläsernen Eimer aus, reinige ihn, fülle ihn wieder mit

destil-

destillirtem Wasser eben so hoch an als vorher, und bestimme das Gewicht des Wassers. Dis Gewicht des Wassers von dem Gewichte des Wassers bey der ersten Operation abgezogen, giebt im Reste das Gewicht des Wassers an, das vorher mit dem festen Körper einerley Raum einnahm. Das absolute Gewicht des festen Körpers, durch das dividirt, was ein eben so großer Wasserklumpen wiegt, giebt das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichts des festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers. — Oder man bestimme erst den Verlust des Eimers im Wasser, wiege darauf den festen Körper darin ab, merke sein absolutes Gewicht, versenke den Eimer ins Wasser, merke seinen Verlust, und ziehe hievon den Verlust des Gewichts des Eimers ab, so giebt der Rest den Verlust des festen Körpers allein an; und also, nach dem Vorhergehenden, leicht das Verhältniß seines eigenthümlichen Gewichtes gegen das Wasser.

Eine andere Methode, das eigenthümliche Gewicht kleiner Stücke eines festen Körpers durch Aräometer zu bestimmen, hat Hr. Bergenstierna (Schwedische Abhandl. B. XXXVII. S. 121.). Hieher gehört auch Hrn Nicholsons hydrostatische Waage. (M. s. Beschreibung eines bequemen Instruments zur Bestimmung des specifischen Gewichts der Mineralien, von Hrn. Hauy, in Grens Journal d. Phys. B. V. S. 502.

§. 326. Aus dem, was ein fester Körper von seinem absoluten Gewichte in einer flüssigen Materie verliert, kann man auch sehr leicht die Größe des festen Körpers im Cubikmaaß finden, wenn man das absolute Gewicht der Flüssigkeit, das in einem gegebenen Cubikmaaß enthalten ist, weiß. Wenn ich z. B. weiß, was ein Cubikzoll reines Wasser wiegt, so ist der feste Körper so viel Cubikzolle groß, als das

Ge-

Gewicht eines Cubikzolles Wasser in dem Verluste seines absoluten Gewichtes in diesem Wasser enthalten ist.

§. 327. Um Körper, welche specifisch leichter sind, als Wasser, ihrem eigenthümlichen Gewichte nach gegen das Wasser zu vergleichen, so kann man einen specifisch schwerern damit verbinden, den Verlust beider im Wasser bemerken, und den Verlust des schwerern allein hernach von dem Verluste des Ganzen zusammen abziehen, so wird der Rest angeben, wie viel das Wasser wiegt, das mit dem leichtern einerley Raum erfüllt. Das absolute Gewicht des leichtern, durch das Gewicht dieses gleich großen Volums vom Wasser dividirt, giebt alsdann das Verhältniß des eigenthümlichen Gewichtes des leichtern festen Körpers gegen das zur Einheit angenommene des Wassers.

§. 328. Wenn der Körper aus mehrern mit einander verbundenen Körpern von ungleichem eigenthümlichen Gewichte besteht, so erfährt man durch das Wasserwägen nur das mittlere specifische Gewichte, oder dasjenige, welches aus der gleichförmigen Vertheilung der aggregirten Stoffe in dem Innbegriffe des Körpers entspringen würde.

§. 329. Andere Bestimmungsarten des eigenthümlichen Gewichtes der Körper sind außer der bisher vorgetragenen Methode 1) durchs Wasserwägen (§. 319—327.) 2) die unmittelbare Vergleichung des absoluten Gewichts bey gleichem Volum der Körper (§. 294.). Bey festen Körpern würde dies Verfahren nicht immer anwendbar, und vielen Irr-

thümern

kümmern unterworfen seyn; bey flüssigen Körpern geht es noch eher an, wenn man einerley Gefäß damit nach einander gleich hoch anfüllt, und denn darin abwiegt. Indessen ist diese Methode doch leicht Fehlern unterworfen, hauptsächlich wegen des Anhängens der Flüssigkeit an die Wände des Gefäßes. Das von Leutmann angegebene Verfahren ist dem von Homberg vorgeschlagenen noch vorzuziehen. 3) Die Vergleichung der Höhen verschiedener Flüssigkeiten in zusammenhängenden Röhren (§. 304.), was nur bey solchen anwendbar ist, die sich nicht auflösen, und auch wegen des ungleichen Anhängens gar keinen sichern Maaßstab gewährt. 4) Die Vergleichung der Höhen der Flüssigkeiten, zu welchen sie durch gleichen Druck der Luft gehoben werden, nach Hrn. Achards Vorschlag (§. 305. Anm.), der aber auch seine Schwierigkeiten hat, und den Fehlern der vorigen Methode unterworfen ist. 5) Die Anwendung der Aräometer (§. 316.) mit unveränderlichem Gewicht die auch vergleichbar gemacht, und zur Angabe der Größe des Verhältnisses der specifischen Gewichte eingerichtet werden können, wozu Tillet, le Roy und De Luc Methoden angegeben haben. 6) Die Anwendung der Aräometer mit veränderlichem Gewicht, wovon Hr. Wilke weitläufiger gehandelt hat, und die sich auch für feste Körper anwenden lassen, wovon Nicholsons Wasserwaage (§. 325. Anm.) ein Beyspiel giebt. 7) Die Ausmessung des Theils, um welchen sich ein schwimmender fester Körper in eine Flüssigkeit eintaucht (§. 316.), die aber nie genau seyn kann. 8) Ganz unzuverlässig ist die Methode, nach welcher man bestimmt, mit welchem Druck specifisch leichtere feste Körper von

speci-

specifisch schwereren flüssigen beym Untertauchen em-porgehoben werden.

(4) Homberg, in den Mém. de l' acad. roy. des sc. 1699. S. 46. Leutmann, in den Commentar. petropolit. T. V. S. 275. §. 6. 7.

(5) Tillet, in den Mém. de l' acad. roy. des sc. 1768. S. 450. Le Roy, ebendas. 1770. S. 528. De Luc, in den Philos. Transact. Vol. LXVIII. S. 500. und im Journal de Physique T. XVIII. S. 480. *Van Swinden* position. physic. T. II. P. I. S. 47. ff.

(6) Wilke, in den schwedischen Abhandl. B. XXXII. S. 272.

§. 330. Das eigenthümliche Gewicht mehrerer bekannter Körper gegen das zur Einheit angenommene des Wassers ist folgendes:

Platina del Pinto	20,000 / 21,061	(Sickingen)
Gold	19,640	(Muschenbroek)
	19,258	(Brisson)
Quecksilber	14,110	(Muschenbr.)
Bley	11,352	—
Silber	10,552	(Bergmann)
Wißmuth	9,670	—
Nickelkönig	9,000	—
Kupfer	8,876	—
Messing	8,395	(Brisson)
Arsenikkönig	8,308	(Bergmann)
Eisen	7,800	—
Stahl	7,767	(Musch.)
	7,833	(Brisson)
Kobaldkönig	7,700	(Bergm.)
Zinn	7,264	—
	7,291	(Brisson)
Zink	6,862	(Bergm.)
Spießglaskönig	6,860	—
Braunsteinkönig	6,850	—
Reine Schwererde	3,733	(Bergm.)
— Kalkerde	2,720	—
— Bittersalzerde	2,155	—

Kie-

Kieselerde	2,975	(Bergmann)
Alaunerde	2,305	—
Schwerstein	6,066	(Brisson)
Schwerspath	4,000	
	bis 4,496	(Bergm.)
Flußspath	3,155	
	bis 3,191	(Brisson)
Zirkon	4,416	—
Aquamarin	3,548	—
Prasern	2,580	—
Feuerstein	2,581	—
Stangenschörl	3,363	—
Zeolith	2,073	—
Chalcedon	2,664	—
Russisch Glas	2,791	—
Pechstein	2,669	—
	bis 2,049	—
Granat, böhm.	4,360	(Muschenbroek)
Sapphir	4,090	—
— orientalischer	3,562	—
Diamanten	3,517	—
Topas, sächsischer	3,450	—
Chrysolith	3,360	—
Carniol	3,290	—
Rubin	3,180	—
Lasurstein	3,054	—
Smaragd	3,095	—
Turmalin	2,952	
	bis 3,250	—
Bergkrystall	2,650	—
Isländischer Krystall	2,720	—
Hyacinth	2,613	—
Jaspis	2,666	—
Opal	1,958	
	bis 2,075	—
Reiner Quarz	2,763	—
Selenit	1,870	
	bis 2,320	—
Gemeiner Kiesel	2,542	—

Ge

Gemeines Bouteillenglas	2,642	(Brisson)
Weißes Krystallglas	2,892	—
Flintglas	3,329	—
Chinesisches Porcellain	2,384	—
Vitriolsäure, concentrirte	2,125	(Bergmann)
Gemeines Vitriolöl	1,700	—
Concentrirtes	1,827	—
Concentrirte Salpeters.	1,580	—
— Küchensalzsäure	1,150	—
Flußspathsäure	1,500	—
Verglaste Phosphorsäure	2,687	—
Sedativsalz	1,480	—
Destillirter Essig	1,011	(Muschenbroek)
Arsenicksäure	3,391	(Bergmann)
Weißer Arsenick	3,706	(Muschenbroek)
Vitriolisirter Weinstein	2,298	—
Glaubersalz	2,246	—
Salpeter	1,900	—
Rhomboidalsalpeter	1,869	—
Reines Kochsalz	1,918	—
Steinsalz	2,143	—
Digestivsalz	1,836	—
Reiner sublimirter Salmiak	1,420	—
Borax	1,720	—
Alaun	1,714	—
Bleyzucker	2,395	—
Englischer Vitriol	1,880	—
Zinkvitriol	1,900	—
Weißer Zucker	1,606	—
Steinkohle	2,240	—
Judenpech	1,400	—
Bernstein	1,065	—
Gagath	1,203	—
Schwefel	1,800	—
Naphtha	0,708	(Kirwan)
Alkohol	0,815	(Muschenbroek)
Vitrioläther	0,732	—
Weißer Franzwein	1,020	—
Frontignac	1,[illegible]	—

Mal-

Mallaga	, , ,	1,015	(Muschenbroek)
Rother Capwein	,	1,018	—
Weißer	, , ,	1,039	—
Pontac	, , ,	0,993	—
Champagner	, ,	0,962	—
Moseler	, , ,	0,916	—
Rheinwein	, ,	0,999	—
Rindertalg	, ,	0,955	—
Hammeltalg	, ,	0,943	—
Schweineschmalz	, ,	0,954	—
Gelbes Wachs	, ,	0,960	—
Weißes Wachs	, ,	0,966	—
Baumöhl	, , ,	0,913	—
Leinöhl	, , ,	0,928	(Brandis)
Rübsaamenöhl	, ,	0,902	—
Cacaobutten	, ,	0,910	—
Weißes Mohnöhl	,	0,922	—
Süßes Mandelöhl	,	0,928	(Muschenbroek)
— —	,	0,911	(Brandis)
Destillirtes Nelkenöhl	,	1,034	(Muschenbroek)
— Pomeranzenöhl		0,888	—
— Zimmtöhl	,	1,035	—
— Sassafrasöhl		1,094	—
— Rosmarinöhl		0,934	—
— Fenchelöhl	,	0,997	—
— Wacholderöhl		0,911	—
— Krausemünzenöhl		0,975	—
— Terpentinöhl		0,792	—
Aloe	, , ,	1,358	—
Arabisches Gummi	,	1,735	—
Pech	, , ,	1,150	—
Kampher	, , ,	0,996	—
Phosphorus	, ,	1,714	(Gren)
Indianisches Cedernholz		1,315	(Muschenbroek)
Buxbaumholz	, ,	1,328 u. 0,919	—
Brasilienholz	, ,	1,031	—
Ebenholz	, , ,	1,209	—
Fernambukholz	, ,	1,014	—
Franzosenholz	, ,	1,333	—

Mas

Mahagonyholz	1,063	(Muschenbroek)
Griesholz	1,200	—
Altes Eichenholz	1,666	—
Eichenholz vom Stamme	0,929	—
Eichenholz von grünem Aste	0,870	—
Rhodiserholz	1,125	—
Weißes Sandelholz	1,041	—
Rothes —	1,128	—
Campecheholz	0,913	—
Büchenholz	0,852	—
Gelbes Sandelholz	0,809	—
Erlenholz	0,800	—
Ahornholz	0,755	—
Eschenholz	0,734	—
Apfelholz	0,793	—
Pflaumenholz	0,785	—
Haselnholz	0,600	—
Birnenholz	0,661	—
Ulmenholz	0,600	—
Lindenholz	0,604	—
Weidenholz	0,585	—
Wacholderholz	0,556	—
Sassafrasholz	0,482	—
Tannenholz	0,550	—
Pappelnholz	0,383	—
Korkholz	0,240	—
Eis	0,916	—
Reines Wasser	1,000	—

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1417. Pesanteur specifique des corps — par Mr. *Brisson*, à Paris 1787. 4.

Von verschiedenen Luftarten giebt Hr. Lavoisier folgende Bestimmung:

Ein paris. Duodezimal-Cubikzoll

atmosphärische Luft wiegt	0,46005	Grän (franz.)
Stickluft	0,44444	—
Lebensluft	0,50694	—
brennbare Luft	0,03539	—
Luftsäure	0,68985	—
Salpeterluft	0,54690	—
flüchtig alkalinische Luft	0,27488	—
Schwefelluft	1,03820	—

Ich erinnere hier, daß die französische Unze zu 8 Gros, das Gros zu 72 Grän gerechnet ist.
Lavoisier traité elementaire. T. II. S. 572.

§. 331. Man kann von dieser Tabelle allerley nützliche Anwendungen machen. Denn außerdem, daß sich durch Vergleichung des gefundenen eigenthümlichen Gewichts einer gegebenen Substanz mit dem in dem Verzeichniß angegebenen auf die Reinheit oder Aechtheit derselben in vielen Fällen schließen läßt, kann man auch dadurch das Gewicht des Cubikzolles, oder des Cubikfußes der darin angegebenen Materien finden, wenn man die Zahl, die ihr specifisches Gewicht angiebt, mit dem Gewicht des Cubikzolles oder Cubikfußes Wasser (§. 322.) multiplicirt. So z. B. wiegt ein Cubikfuß (rheinl.) Wasser $502687\frac{1}{2}$ Gr. Cöllnisches Gewicht; folglich wiegt ein Cubikfuß Quecksilber $14{,}110 \times 502687{,}5$ Gran $=$ 923 Pf. 17 L. 3 Q. 20,625 Gr. (cölln.)

Hierher gehört auch das sogenannte Archimedeische Problem. Nach Vitruv's Erzählung (de architectura Lib. 9. Cap. 3.) hatte sich der König Hiero zu Syracus eine goldene Krone machen lassen, und kam auf den Verdacht, daß ihm der Goldarbeiter dabey einen Theil Gold entwendet und dagegen eben so viel Silber dem Golde zugesetzt habe. Archimedes sollte prüfen, ob der Verdacht gegründet sey, und er habe durch Wasserwägen den Betrug bestimmt, und das Verhältniß des Goldes zum Silber in der Krone angegeben. Archimedes Bücher περι των οχουμενων handeln nur von schwimmenden Körpern, und enthalten nichts von jenem Problem. Man hält daher auch die Erzählung nach Vitruv für Fabel. Gesetzt aber, daß die Metalle bey ihrem wechselseitigen Zusammenschmelzen ihre Volumina nicht änderten, so würde sich allerdings das Verhältniß ihrer absoluten Gewichte in dem Gemische aus dem eigenthümlichen Gewichte desselben erkennen lassen, wenn die eigenthümlichen Gewichte der einzelnen Metalle bekannt sind. Denn wenn die eigenthümlichen Gewichte der Metalle vor der Vermischung D, d, die Volumina V, v, die abso-

luten Gewichte P, p heißen, so ist das eigenthümliche Gewicht nach der Vermischung, oder $\triangle = \frac{DV + dv}{V + v}$, und $P : p = D(\triangle - d) : d(D - \triangle)$.

Wenn nun die Krone des Hiero 20 Pf. schwer gewesen ist, und beym Abwägen im Wasser 1¼ Pf. verlohren hätte, so wäre ihr eigenthümliches Gewicht, oder $\triangle = 16{,}00$ gegen das Wasser gewesen. Das eigenthümliche Gewicht des reinen Goldes, oder D, hätte = 19,64 seyn müssen. Setzen wir nun, daß der Zusatz Silber gewesen wäre, so wäre d = 10,55. Es war also nach obiger Formel das Gewicht des Goldes, oder P, zu dem Gewicht des Silbers oder p in der Krone = 19,64 (16,00 — 10,55) : 10,55 (19,64 — 16,00) = 107,038 : 38,402. Es bestanden also 145,440 Theile des gemischten Goldes aus 107,038 Theilen feinem Golde und 38,402 Theilen Silber. Wenn wir nun nach der Regel de tri so ansetzen:

145,440 Pf. schlecht Gold enthalten 107,038 Pf. fein Gold, was 20 Pf.? so erhalten wir 14,719 Pf. fein Gold, die mit 5,281 Pf. Silber vermischt die 20 Pf. der Krone ausgemacht haben.

Da aber die Metalle bey ihrem Zusamenschmelzen mehr oder weniger in einander greifen, und nicht mehr die Dichtigkeit behalten, die sie der Berechnung zu Folge haben sollten, so sieht man leicht, daß jene Formel nicht die Verhältnisse der Quantitäten in der Mischung angeben kann, wenn man nicht weiß, wie sich das Verhältniß ändert. Auch läßt sie sich nicht bey der Zusammenschmelzung von mehr als zwey Metallen anwenden. Man s. §. 171., und die das. angef. Schriften.

Wenn man Kochsalz in Wasser auflöst, so ist der Raum, welchen die Auflösung einnimmt, nicht mehr gleich der Summe der Räume des Kochsalzes und des Wassers. Es sind also eigene Beobachtungen und darauf gegründete Rechnungen nöthig, um aus dem specifischen Gewicht der Salzsolution die Menge des Salzes zu finden, die in einem gegebenen Gewicht der Salzsoole enthalten ist. Lambert (Histoire de l'acad. de Prusse 1762. T. XVIII. S. 27. ff.) hat eine solche Tabelle berechnet.

Gewicht des Salzes			Eigenthüml. Gewicht der Soole.
0	-	-	1,000
10	-	-	1,007
20	-	-	1,014
30	-	-	1,021

Gewicht des Salzes			Eigenthüml. Gewicht der Soole
40	-	-	1,027
50	-	-	1,034
60	-	-	1,041
70	-	-	1,047
80	-	-	1,054
90	-	-	1,060
100	-	-	1,067
110	-	-	1,073
120	-	-	1,080
130	-	-	1,086
140	-	-	1,093
150	-	-	1,099
160	-	-	1,105
170	-	-	1,111
180	-	-	1,117
190	-	-	1,123
200	-	-	1,129
210	-	-	1,135
220	-	-	1,141
230	-	-	1,146
240	-	-	1,152
250	-	-	1,158
260	-	-	1,163
270	-	-	1,169
280	-	-	1,175
290	-	-	1,180
300	-	-	1,185
310	-	-	1,191
320	-	-	1,196
330	-	-	1,201
336,8	-	-	2,2047

Gesetzt, die Soole ist in ihrem eigenthüml. Gewichte 1,175, so füllen 1175 Gr. derselben so viel Raum, als 1000 Gr. Wasser, und es sind in diesen 1175 Gr. 280 Gran Salz, oder das in ihr befindliche Salz beträgt $\frac{280}{1175}$ ihres Gewichtes. Nach der Regel de tri kann man nun leicht finden, wie viel Salz in einem Pfunde solcher Soole sey; denn, wenn 1175 Gr. Soole 280 Gr. Salz enthalten, so sind in 1 Pf. oder 7680 Gr. Soole 1830 Gr. Salz.

Eine andere Tabelle hat Watson berechnet:

Gehalt an Salz.	Eigenthüml. Gewicht.
0	1,000
$\frac{1}{3}$	1,206
$\frac{1}{4}$	1,160
$\frac{1}{5}$	1,121
$\frac{1}{6}$	1,107
$\frac{1}{7}$	1,096
$\frac{1}{8}$	1,087
$\frac{1}{9}$	1,074
$\frac{1}{11}$	1,059
$\frac{1}{14}$	1,050
$\frac{1}{15}$	1,048
$\frac{1}{16}$	1,045
$\frac{1}{18}$	1,040
$\frac{1}{21}$	1,032
$\frac{1}{24}$	1,029
$\frac{1}{27}$	1,027
$\frac{1}{28}$	1,025
$\frac{1}{30}$	1,024
$\frac{1}{32}$	1,023
$\frac{1}{36}$	1,020
$\frac{1}{39}$	1,019
$\frac{1}{42}$	1,015
$\frac{1}{48}$	1,014
$\frac{1}{54}$	1,013
$\frac{1}{56}$	1,012
$\frac{1}{72}$	1,009
$\frac{1}{84}$	1,007
$\frac{1}{108}$	1,006
$\frac{1}{126}$	1,004
$\frac{1}{144}$	1,003
$\frac{1}{162}$	1,0029
$\frac{1}{192}$	1,0023
$\frac{1}{256}$	1,0018
$\frac{1}{320}$	1,0017
$\frac{1}{428}$	1,0014
$\frac{1}{512}$	1,0008
$\frac{1}{648}$	1,0008
$\frac{1}{1024}$	1,0006

Beck.

(Beckmanns Technologie. Götting. 1780. S. 543. f.) Daß indessen von diesen Tabellen, die auf künstl. Soolen berechnet sind, kein genauer und zuverlässiger Schluß auf natürliche Soolen gemacht werden könne, ist schon oben (§. 316. Anm.) erinnert worden.

Drittes Hauptstück.

Expansivkraft.

§. 332.

Wenn man sich eine Masse Luft in einer Hülle eingeschlossen, und diese von außen her mit einem begränzten leeren Raume umgeben denkt, so wird niemand zweifeln, daß, wenn die Hülle nun auf einmal vernichtet werden könnte, die darin enthaltene Luft sich nach allen Seiten zu in dem Raume ausbreiten würde. So lehrt auch die Erfahrung wirklich, daß, wenn ein Antheil Luft in den leeren Raum des Recipienten der Luftpumpe gelassen wird, dieser sich darin nach allen Seiten zu verbreitet.

§. 333. Wenn man ferner in einem unten verschlossenen hohlen metallenen Cylinder, in welchem Luft befindlich ist, einen genau passenden Stempel hinabdrücken will, so fühlt man Widerstand, und man muß desto mehr Gewalt anwenden, je mehr man die Luft schon zusammengepreßt hat. Falls der Stempel genau schließt, und keine Luft zwischen sich und dem Cylinder heraustreten läßt, so wird die zusammengepreßte Luft den Stempel wieder von selbst erheben, so wie der Druck nachläßt. Dieser Widerstand beym Zusammendrücken der Luft wird stattfinden, welche Lage man auch dem Cylinder giebt, beym Zusammenpressen der Luft von der Seite, oder von oben, oder von unten.

§. 334.

§. 334. Dies Phänomen flüssiger Körper heißt **Expansibilität** oder **Elasticität**, die mit der oben angeführten (§. 123.) Federkraft fester Körper nicht verwechselt werden muß, ob es gleich häufig zu geschehen pflegt. Flüssige Körper, welche dies Phänomen äußern, werden **expansible**, oder **elastische Flüssigkeiten** genannt. Außer der atmosphärischen Luft gehören dazu: **alle Luftarten, die Dünste, der Wärmestoff, die Lichtmaterie, das electrische Fluidum**, und ohne Zweifel auch die **magnetische Flüssigkeit**. Bey den Dünsten ist die Expansibilität nicht permanent, sondern wird durch Druck und Erkältung vernichtet, was bey den Luftarten nicht der Fall ist. Außer den Luftarten und Dünsten läßt sich bey den übrigen, zwar die Ausbreitung nach allen Seiten zu, nicht aber der Widerstand bey der Zusammendrückung durch unmittelbare Versuche zeigen.

§. 335. Auch selbst bey den tropfbaren Flüssigkeiten (§. 129.) äußert sich dies Phänomen in einigem Grade, und sie sind keinesweges ganz unelastisch zu nennen, wie wir nun durch Herrn **Zimmermanns** und **Abichs** Versuche wissen. Weil indessen ihre Expansibilität nur erst bey der Anwendung einer sehr großen Kraft bemerkbar wird, so schränkt man den Namen der **expansibeln** oder **elastischen Flüssigkeiten** nur auf die vorgenannten ein, und unterscheidet jene durch den Namen der **tropfbaren Flüssigkeiten**. Sehr schicklich ist die Benennung der **discreten Flüssigkeiten** für die eigentlich so genannten expansiblen Flüssigkeiten, weil sie die tropfbaren ausschließt, was der Name, elastische oder expansible Flüssigkeiten, nicht thut.

Ueber die Elasticität des Wassers, theoretisch und historisch entworfen, vom Hrn. E. A. W. Zimmermann. Leipzig 1779. gr. 8.

§. 336. Wenn dasjenige **Kraft** heißt, was Widerstand leistet, und das eine **bewegende Kraft** genannt werden muß, was eine Masse in Bewegung zu setzen strebt, so muß auch die Expansibilität von einer bewegenden Kraft herrühren. Weder die Cohärenz, noch die Schwere kann nach richtigen Begriffen die Ursach der §. 332. 333. erwähnten Phänomenen seyn. Die erstere würde die Ausbreitung der cohärirenden Theilchen nach allen Seiten zu, unfehlbar verhindern; und die letztere würde ihrer Expansion nach oben zu eben so ein Hinderniß seyn. Auch lehrt die Erfahrung, wie in der Folge weiter dargethan werden wird, daß der durch die Schwere bewirkte Druck der Atmosphäre verhindert, daß viele tropfbare Flüssigkeiten als expansible in der Temperatur, worin wir leben, erscheinen, wol aber nach Wegnahme dieses Drucks der Luft auf sie. Es bleibt also keine andere bekannte Kraft als Grundursach übrig, aus der man das Phänomen der Expansibilität als Wirkung ableiten könnte. Daher stehe ich gar nicht an, eine eigene **Grundkraft** der Natur als den zureichenden Grund davon anzunehmen, die ich **Expansivkraft** oder **Dehnkraft** nenne. Eben weil wir diese Kraft nicht weiter zergliedern können, sehe ich sie für eine einfache oder Grundkraft an, wenigstens so lange, bis man ihre Zusammensetzung aus andern bekannten Kräften dargethan haben wird. Ungeachtet wir von dieser Expansivkraft an sich und objective so wenig, als von der Cohärenz und Schwere, etwas wissen, so genügt es uns, das Daseyn dieser Kraft aus unleugbaren Phänomenen zu folgern, und aus

den

den Gesetzen ihrer Wirkungen ihre Verhältnisse zu bestimmen.

§. 337. Die in der Folge bey der Lehre von der Luft und den Dünsten anzubringenden Untersuchungen werden darthun, daß diese beiden Arten der expansiblen Flüssigkeiten nur durch Hülfe eines andern Stoffs, nemlich des Wärmestoffs expansibel sind, oder daß ihre Expansibilität oder Elasticität eine mitgetheilte ist. Alle Luftarten und Dünste bestehen aus einer ursprünglich nicht expansiblen Basis, und einem expansiven Stoffe, dem Wärmestoff, durch den jene Basis erst expansibel wird, und den Hr. De Luc auch das fortleitende Flüssige (fluidum deferens) derselben nennt. Durch Entziehung dieses expansiven Stoffs hören sie auf, expansibel zu seyn. Bey der electrischen Flüssigkeit ist sehr wahrscheinlich das Licht der ursprünglich expansive Stoff, der die andern nicht expansiblen Bestandtheile expansibel macht.

§. 338. Auch die tropfbaren Flüssigkeiten haben ihren geringern Grad der Elasticität oder Expansibilität nur dem Wärmestoff zu verdanken, ohne den sie fest und ohne alle Expansibilität seyn würden. Selbst ihr Flüssigseyn, d. h. die Unbeträchtlichkeit ihres Zusammenhanges und die große Verschiebbarkeit ihrer Theilchen, ist Folge des Einflusses dieses expansiven Stoffs, durch dessen Dazwischenkunft die Stärke des Zusammenhangs ihrer Grundmassen mehr gemindert wird, und nach dessen Entziehung sie wieder zum Zustande der Festigkeit zurückkehren.

§. 339. Wir hätten diesemnach dreyerley Arten des Zustandes der Aggregation bey den bekannten Körpern unsers Erdbodens: nemlich Festigkeit, tropfbare Flüssigkeit, und Expansibilität. Die er-

erstere ist Folge der Cohärenz, die beiden andern Arten sind Wirkung des Einflusses einer expansiven Kraft, die nach den verschiedenen Graden ihrer Stärke entweder die Cohäsion nur mindert, und dadurch tropfbare Flüssigkeit hervorbringt (§. 338.), oder diese ganz in eigentlich so genannte expansible Flüssigkeit verwandelt.

§. 340. Von dem Wärmestoff und der Materie des Lichts läßt es sich nicht, wie von den Luftarten und Dünsten, beweisen, daß sie ihre Expansibilität von einer andern, sinnlich wahrzunehmenden, Materie mitgetheilt erhalten hätten. Wir nehmen also an, daß sie ursprünglich expansiv sind, oder daß die Expansivkraft sie ursprünglich afficire. Aus den Erscheinungen des Wärmestoffs und des Lichtstoffs läßt sich also die Art, wie sich die der Expansivkraft unterworfenen Theilchen bewegen, am besten folgern. Beide sind in ihrem freyen Zustande strahlende Flüssigkeiten, und es bewegen sich Theilchen ihrer Masse von dem Orte aus, wo diese frey wird, nach allen Seiten zu, so wie die Radii einer Kugel vom Mittelpuncte nach der Peripherie zu gehen, und zwar ist diese Bewegung des Lichts und des Wärmestoffs geradlinigt. Beide werden, weil sie elastische Flüssigkeiten sind, nach den oben angeführten Gesetzen (§. 269.) von andern Körpern, von denen sie nicht gebunden werden, reflectirt. Die Geschwindigkeit, mit der ihre Theilchen von der Expansivkraft in Bewegung gesetzt werden, ist so groß, daß die Bewegung instantan, oder ohne Zeit zu seyn scheint, ob sie gleich für sehr große Räume allerdings meßbar ist. Die nähere Bestimmung von der Bewegung und Ausbreitung des Lichts und des Wärmestoffs gehört indessen in die besondere Naturlehre.

§. 341.

§. 341. Schon aus der geradlinigten Ausbreitung des Lichts und des Wärmestoffs bey ihrer Strahlung läßt sich folgern, daß ihre Theilchen nicht der Schwere unterworfen sind, was auch mit der Ausbreitung des Lichts von der Sonne, und mit der Zurückstrahlung von den Hauptplaneten und Nebenplaneten im Widerspruch seyn würde. Lichtstoff und Wärmestoff sind also inponderable elastische Flüssigkeiten, und sie folgen der Expansivkraft ungehindert im freyen Mittel nach ihrer geradlinigten Strahlung in jeder Richtung. Die Luftarten und Dünste hingegen, deren Expansibilität nur mitgetheilt ist; und die folglich aus einer wägbaren und an sich nicht expansibeln Basis und dem expansiven Wärmestoff zusammengesetzt sind, besitzen dadurch Gewicht in ihren Theilchen; aber eben dies, daß sie schwer sind, hindert, daß sie keine strahlende Flüssigkeiten bilden können.

§. 342. Schon die Bildung der Luftarten beweist, daß auch der Wärmestoff der chemischen Verwandtschaft und Cohärenz mit anderen Stoffen unterworfen ist, und die in der Folge anzuführenden Erfahrungen werden darthun, daß beide, Licht- und Wärmematerie, ob sie gleich an sich discrete Flüssigkeiten sind, doch durch die Vereinigung mit andern nicht expansiblen ungleichartigen Stoffen, theils in ihrer Expansibilität geschwächt werden, theils sie auch ganz verlieren, und in den Zustand kommen können, wo sie durchaus aufhören flüssig und expansibel zu seyn.

§. 343. Da das Product, das aus der Verbindung ungleichartiger Stoffe entspringt, eine andere Natur und andere Eigenschaften zeigt, als die einzelnen Bestandtheile vor der Zusammensetzung hatten,

so

so kann es uns nicht wundern, daß die neuen Verbindungen, die aus der Zusammensetzung so heterogener Dinge, als die expansiven Stoffe in der Natur sind, entspringen, andere Verhältnisse und Eigenschaften besitzen. — So wie aber nun in einem ursprünglich expansiven Stoffe, wie Licht- und Wärmematerie sind, durch die chemische Vereinigung desselben mit einem nicht expansiven, alle seine Expansivkraft gewissermaßen ruhend und unthätig gemacht, oder aufgehoben werden kann; eben so kann auch hinwiederum in den schweren Bestandtheilen, mit denen diese nicht schweren Flüssigkeiten in Zusammensetzung treten, die Schwerkraft derselben ganz ruhend und gewissermaßen aufgehoben werden, so daß das aus beiden zusammengesetzte Product, außer der Cohärenz, keiner andern Grundkraft folgt, und in so fern bloß als träge anzusehen ist. Mir scheint dies letztere nicht wunderbarer, als das erstere.

§. 344. Wirklich lehren auch sehr zahlreiche Erfahrungen, die aber erst in der Folge näher bestimmt werden können, daß, wenn Licht und Wärmestoff mit schweren Substanzen in eine chemische Verbindung treten, diese einen Theil ihres absoluten Gewichts, das sie vor der Zusammensetzung hatten, verlieren, und es wieder erhalten, wenn jene daraus geschieden worden sind. Die Erklärung dieser problematischen Naturerscheinung ließe sich dem Angeführten (§. 343.) zu Folge so geben: Es sey eine Masse schwerer Materie, deren Schwerkraft wir f, und deren Menge schwerer Materie wir M nennen wollen; so ist das Gewicht dieser Masse P = f. M. Mit einem Antheil dieser schweren Masse, den wir m nennen wollen, soll sich eine gewisse Quantität des freyen

Licht-

Licht- und Wärmestoffs chemisch vereinigen, so wird so, wie in diesem die Expansivkraft, die sie ursprünglich afficirt, ruhend gemacht wird, auch in jenem alle Schwerkraft völlig aufgehoben und unthätig gemacht werden können; er wird also zu einer bloß trägen Masse, in Rücksicht jener vorher inhärirenden, beschleunigenden Kräfte. Wenn nun dieses so veränderte m mit den übrigen Theilen des M in genaue Vereinigung tritt, so entsteht daraus der Körper Q, der in Ansehung seiner noch übrigen, von der Schwerkraft afficirten, und daher ponderablen Masse wie M — m anzusehen ist. Es hört nun auf den Theil m die Schwerkraft zu wirken auf, und das neue Gewicht p der Masse Q ist also = f. (M — m) < f. M oder P. Die Beschleunigung der Schwere in Q bleibt dieselbige; denn sie ist jetzt $\frac{p}{M - m} = \frac{f.(M - m)}{M - m} = f$. Es ist nemlich m zu einer bloß trägen Materie geworden, die durch keine ihr inhärirende Kraft nach einer gewissen Richtung zu gehen sollicitirt wird; sie muß also auch ungehindert dem Zuge der Schwerkraft der noch übrigen schweren Theile folgen. Denn weil Trägheit keine Kraft ist, so kann auch eine träge Masse die zu ihrer Bewegung angewandte Kraft nicht vermindern (§. 110.).

Man müßte sehr inconsequent schließen, wenn man in diesen Sätzen meine ehemalige Behauptung von der negativen Schwere des Licht- und Wärmestoffs wiederfinden wollte.

Zwey-

Zweyter Theil.

Besondere Naturlehre.

Erster Abschnitt.

Bestandtheile der Körper der drey Naturreiche.

§. 345.

Die Körper um uns herum, die den Inbegriff unserer Sinnenwelt ausmachen, sind aus mancherley einfachern ungleichartigen Theilen zusammengesetzt, und die außerordentliche Mannigfaltigkeit derselben hängt theils von der Verschiedenheit der Natur dieser einfachern Bestandtheile, theils von den verschiedenen Verhältnissen ab, in welchen sie unter einander vereiniget sind.

§. 346. Wir betrachten hier die Bestandtheile der Körper der sogenannten drey Reiche der Natur, nach ihren merkwürdigsten Verhältnissen, und handeln die allgemeiner verbreiteten einfachern und eigenthümlichen Stoffe, oder gewisse Gattungen derselben, wie Wärmestoff, Lichtstoff, Wasser, Luft, Feuer, electrische Materie, und magnetische Materie, besonders in eigenen Abschnitten in der Folge ab.

§. 347. Mehrere der hier abzuhandelnden Bestandtheile sind zwar nicht den respectiven Körpern eines gewissen Naturreichs ausschließend eigen; indessen hindert das nicht, sie da abzuhandeln, wo die Natur der Sache bey der gewählten Ordnung uns darauf leitet.

Er=

Erstes Hauptstück.

Mineralische Substanzen.

§. 348.

Die Körper des Mineralreichs, oder die unorganischen Körper lassen sich füglich in fünf Classen abtheilen, nemlich Salze, Erden, Metalle, Erdharze, und Schwefel. Die beiden letztern können nicht gut zusammen in einer Classe begriffen werden, ob es gleich gewöhnlich ist.

Salze.

§. 349. Salze (salia, sales) sind Körper, die sich in 200 mal so viel kochendem Wasser auflösen lassen und auf der Zunge einen merklichen Geschmack hervorbringen. — Da überhaupt die Natur die Körper nicht nach einem System erschuf, da die Stufenfolge der Wesen und die Classification derselben nur subjectivisch ist, da es kein natürliches System der Körper giebt, so müssen wir durch künstliche Gränzlinien die natürlichen Körper von einander zu unterscheiden suchen. So laufen die Gränzen der Salze und Erden in der Natur so in einander, daß im Grunde gar keine natürliche Grenzlinie stattfindet, und daß wir eben aus diesem Grunde jenes künstliche Merkmal in die Definition des Salzes zu bringen genöthiget sind.

§. 350. Wir haben von den Salzen sehr viele und mannigfaltige Arten. Sie brauchen nach ihrer verschiedenen individuellen Natur bey gleichem Gewicht ungleiche Quantitäten vom Wasser zu ihrer Auflösung, wenn dieses gesättigt seyn soll; auch ist

bey

bey einerley Salz gewöhnlich die Quantität des Salzes, die sich im Wasser auflösen läßt, nach der Temperatur verschieden. Einige sind so auflöslich im Wasser, und so nahe damit verwandt, daß wir sie gewöhnlich nur im tropfbar flüssigen Zustande als Auflösung im Wasser haben; oder daß sie auch aus der Atmosphäre die Feuchtigkeit bald einsaugen und darin zerfließen.

§. 351. Die mehresten festen Salze scheiden sich aus dem Wasser bey der Verdunstung desselben, oder bey der Aenderung seines Sättigungsgrades durch Aenderung der Temperatur (§. 168.) in bestimmten Formen, als Salzkrystalle ab, oder schießen aus dem Wasser an. Von dieser Erscheinung im Allgemeinen ist schon oben (§. 131.) gehandelt worden. Wenn heißes Wasser mehr Salz auflöst, als kaltes Wasser, ehe es damit gesättigt wird, so wird es, wenn es damit gesättigt, oder der Gränze der Sättigung nahe war, beym Abkühlen so viel Salz fallen lassen, als es bey der niedrigern Temperatur weniger aufgelöst erhalten kann. Um indessen schöne und regelmäßige Krystalle zu erhalten, darf man nicht die Auflösung des Salzes im Wasser in der Hitze ganz sättigen, weil sonst beym Erkalten auch wol alles zu einem unförmlichen Salzklumpen gerinnt. Oft ist das unmerkliche Abdunsten das beste Mittel, die Salzkrystalle schön zu gewinnen. Bey Salzen, die, wie z. B. das Kochsalz, vom heißen Wasser nicht viel weniger zu ihrer gesättigten Auflösung brauchen, als vom kalten, ist das Verdunsten des Wassers das einzige Mittel, die Salzkrystalle zu erhalten.

§. 352. Alle Salzkrystalle haben mehr oder weniger Wasser in ihrer Mischung, das zwar nicht zum Wesen des Salzes, aber doch zum Wesen der Salzkrystalle gehört. Dies Wasser klebt ihnen nicht mechanisch an, sondern macht einen Bestandtheil der Krystalle derselben aus, und ist darin im Zustande der Festigkeit. Es ist mehr oder weniger stark damit vereiniget, und bey einigen Salzkrystallen kann es nur durch Glühefeuer davon geschieden werden; da hingegen andere es in gelinder Wärme oder auch in warmer und trockener Luft verlieren, wodurch sie ihrer Durchsichtigkeit, ihres Zusammenhanges, und ihrer Form beraubt werden, und in Staub zerfallen oder verwittern.

§. 353. Sonst finden sich unter den Salzen noch andere sehr bemerkenswerthe Unterschiede ihrer Eigenschaften und Verhältnisse, so daß man eigene Ordnungen derselben unterscheiden muß. Ich theile sie ab in einfachere und zusammengesetzte Salze. Zu den erstern gehören als Gattungen: die Säuren und die Alkalien; die Gattungen der letztern sind: Neutralsalze, Mittelsalze, metallische Salze, und süße Salze oder Zucker. Diese letztere Gattung gehört ganz in die organischen Reiche.

§. 354. Säuren (Acida) sind Salze von einem sauren Geschmack, der, weil er ganz sinnlich ist, freylich keine Definition zuläßt. Sie haben noch als wesentliches Kennzeichen die Eigenschaft, gewisse blaue Pflanzensäfte, wie z. B. den Veilchensaft und die Lackmustinctur, roth, und gewisse rothe, z. B. die Tinctur des Fernambucs, gelbroth zu färben.

§. 355. Bey der auffallenden Verschiedenheit der sauren Salze in mehrern Verhältnissen gegen andere Körper müssen wir mehrere Arten davon unterscheiden.

1) Vitriolsäure (acidum vitrioli). Sie macht einen Bestandtheil des Eisenvitriols, eines bekannten Salzes, aus, worin sie mit Eisenkalk verbunden ist, und wird, nach der Verjagung des Krystallisationswassers dieses Salzes durchs Brennen desselben, vermittelst einer Destillation gewonnen. Wohlfeiler bereitet man sie auch aus dem Schwefel, worin sie in ihrem wasserfreyen Zustande mit dem Brennstoff verbunden ist. Die stark entwässerte oder concentrirte Vitriolsäure führt den etwas unschicklichen Namen, Vitriolöhl (oleum vitrioli), und die mehr mit Wasser verdünnte heißt Vitriolspiritus. Die eigentliche Farbe des Vitriolöhls ist die weiße; das verkäufliche ist gewöhnlich bräunlich, und das aus Vitriol destillirte stößt bey Berührung der Luft weiße Dämpfe aus, verliert aber durchs Kochen in offenen Gefäßen diese Eigenschaft. Das Vitriolöhl ist eine sehr starke Säure, brennt und ätzt in die Haut ein; erfordert zum Sieden eine desto größere Hitze, je mehr es concentrirt ist, und läßt sich daher durch Abdunsten in der Wärme concentriren. An der Luft saugt es Feuchtigkeiten daraus ein. Mit Wasser vermischt erhitzt es sich stark. Mit verbrennlichen Dingen, die eine Kohle zu geben im Stande sind, digerirt, wird auch das weißeste Vitriolöhl braun, nimmt einen schwefligten Geruch an, und wird sehr flüchtig.

Die reine, wasserfreye, Vitriolsäure halte ich für einfach. Nach dem System der Chemie des Hrn. Lavoisier ist

sie zusammengesetzt, aus Schwefel (*souffre*) und dem eigenen Sauerstoff (*oxygene*), der in allen Säuren (*Acides*) das säuermachende Princip (*principe acidifiant*) der säurewerdenden Basis (*base acidifiable*) ausmacht. Daher heißt sie bey ihm *Acide sulfurique*.

§. 356. 2) Salpetersäure (acidum nitri). Sie macht einen Bestandtheil des gemeinen Salpeters aus, in welchem sie mit dem Gewächsalkali desgesättigt ist. Man gewinnt sie daraus durch eine Destillation vermittelst der Vitriolsäure, die sie von dem Gewächsalkali, wegen der stärkern Verwandtschaft des letztern zu der Vitriolsäure, daraus entbindet. Die, mit gewöhnlichem Vitriolöhl, auf diese Weise bereitete, concentrirte Salpetersäure (rauchender Salpetergeist, spiritus nitri fumans) ist rothgelb von Farbe, und stößt bey Berührung der Luft gelbe Dünste aus. In ihrem reinen Zustande ist sie aber farbenlos; jene Farbe rührt vom Brennbaren her, das damit verbunden ist. Sie ist sehr ätzend und scharf, weit flüchtiger als die Vitriolsäure, hat gegen die Feuchtigkeit der Luft ebenfalls großen Hang, und gegen das Brennbare eine sehr große Verwandtschaft.

Wahrscheinlich ist die Salpetersäure nicht einfach; noch bis jetzt ist aber ihre wahre Zusammensetzung nicht in das gehörige Licht gesetzt. Nach Hr. Lavoisier besteht sie aus dem Stickstoff (*azote*) und dem Sauerstoff, und heißt in seinem System *Acide nitrique*.

§. 357. 3) Küchensalzsäure (acidum muriaticum). Sie macht einen Bestandtheil des Küchensalzes aus, worin sie mit dem Mineralalkali gesättigt ist, und wovon sie auch den Namen hat. Man gewinnt sie durch Destillation aus dem Kochsalze vermittelst der Vitriolsäure, die vom Mineralalka-

alkali desselben stärker angezogen und wodurch jene entbunden wird. In ihrem concentrirten Zustande (rauchender Salzgeist) stößt sie bey Berührung der Luft weißliche Dämpfe aus, ist sehr flüchtig, und wenn sie rein ist, vollkommen wasserhelle und klar. Sie ist nicht so scharf und ätzend, als Salpetersäure, und wirkt auf das Brennbare nur schwach.

Die gewöhnliche, durch Vitriolsäure aus dem Küchensalze ausgetriebene, ist allerdings zusammengesetzt, aus Brennstoff und der reinen salzsauren Basis, und diese letztere erscheint in ganz andern Eigenschaften, als die gewöhnliche Küchensalzsäure, wenn ihr durch Braunstein der damit verbundene Brennstoff entzogen worden ist, wo sie dann dephlogistisirte Küchensalzsäure genannt wird, von der in der Folge gehandelt wird.

Nach Hr. Lavoisiers System besteht die gemeine Salzsäure aus dem Sauerstoff und der salzsauren Basis (*radical muriatique*); und die von uns so genannte dephlogistisirte Küchensalzsäure unterscheidet sich davon durch das Uebermaaß oder größere Verhältniß des *Oxygene* oder Sauerstoffs. Jene heißt daher *Acide muriatique* schlechtweg, diese *Acide muriatique oxygené*.

§. 358. 4) Die Flußspathsäure (Acidum fluoris minerale). Sie ist in dem Flußspath, einer eigenen Steinart, mit der Kalkerde verbunden, und wird daraus durch Hülfe der Vitriolsäure entbunden. Sie stößt in ihrem concentrirten Zustande bey Berührung der Luft weiße Dämpfe aus, die wie die Dämpfe der Kochsalzsäure riechen. Sie ist so flüchtig, wie diese, und zeigt überhaupt mit ihr sehr viel Aehnlichkeit; aber sie besitzt die merkwürdige Eigenschaft in ihrem Dunstzustande das Glas und die Kieselerde aufzulösen, und sie so gar in Dunstgestalt mit überzuführen. Durch Verbindung mit Wasser läßt dieser Dunst die Kieselerde größtentheils wieder fahren. Aus diesem Grunde ist die aus gläsernen Gefäßen destillirte Flußspathsäure nicht als reine Säure an-

anzusehen. Man muß sie aus bleyernen Retorten destilliren.

Man kann wegen dieser Eigenschaft der Flußspathsäure damit in Glas ätzen.

Die mit Vitriolsäure bereitete Flußspathsäure besteht aus Brennstoff und der flußspathsauren Basis. Nach Hr. Lavoisier ist die Flußspathsäure zusammengesetzt aus der flußspathsauren Basis (*radical fluorique*), und Sauerstoff. Sie heißt bey ihm *Acide fluorique*.

§. 359. 5) Die Boraxsäure (Acidum boracis). Sie ist im Boraxe, einem eigenen mineralischen Salze, mit dem Mineralalkali vereiniget, und kann daraus durch andere Säuren auf nassem Wege geschieden werden. Sie läßt sich als ein festes Salz, in glänzenden, weißen, schuppigen, Krystallen zum Anschießen bringen, die einen kaum merklich sauren Geschmack besitzen, im Feuer schmelzen, sich nicht, wie die vorhergehenden Säuren, in expansible Flüssigkeit durch die Hitze verwandeln lassen, und an der Luft beständig sind, ohne durch die Feuchtigkeit derselben zu zerfließen.

Die Boraxsäure ist einfach. Nach Hrn Lavoisier ist sie zusammengesetzt, aus der boraxsauren Basis (*radical boracique*), und dem Sauerstoff, und heißt *Acide boracique*.

§. 360. 6) Die Phosphorsäure (acidum phosphori). Da sie nicht ausschließend ins Thierreich gehört, sondern auch einen Bestandtheil des Wassereisens, des Apatits, des Tschoppauer grünen Bleyspaths ausmacht, so trage ich kein Bedenken, sie hier mit aufzuführen. Man gewinnt sie aber am gewöhnlichsten aus der Knochenasche, worin sie mit Kalkerde verbunden ist, durch Hülfe der Vitriolsäure, womit die letztere auf nassem Wege näher verwandt ist. Sie ist feuerbeständig, und kann daher als feste Säure dargestellt werden, die im Feuer zu einer

Art

Art von durchsichtigem, klaren Glase fließt, aber an der Luft schnell und stark Feuchtigkeit anzieht, und dadurch wieder zerfließt.

In Verbindung mit dem Brennstoff wird sie flüchtig, und liefert damit auch den Phosphorus.

Die Phosphorsäure ist einfach. Nach Hrn. Lavoisier besteht sie aus dem einfachen Phosphor und Sauerstoff, und heißt bey ihm *Acide phosphorique*.

§. 361. 7) Die Arseniksäure (acidum arsenici). Sie ist eigentlich der seines Brennbaren völlig beraubte, oder der vollkommene Kalk des Arsenikmetalles. Im weißen Arsenik ist dieses seines Brennstoffs nur zum Theil beraubt, und daher äußert derselbe nur schwache Spuren einer Säure. Durch Hülfe der Salpetersäure, die mit dem Brennstoff näher verwandt ist, wird der in Salzsäure aufgelöste weiße Arsenik, wenn jene darüber abgezogen wird, zu der Arseniksäure. Sie ist ziemlich feuerbeständig, fließt bey mäßigem Glühen klar und helle, und wird beym Erstarren milchweiß; an der Luft saugt sie Feuchtigkeiten ein, und zerfließt. In starkem Glühefeuer verwandelt sie sich wieder in weißen Arsenik, und verfliegt als solcher.

Die Arseniksäure ist einfach. Nach Hrn. Lavoisier besteht sie aus Arsenikmetall (*Arsenic*) und Sauerstoff. Er nennt sie *Acide arsenique*.

§. 362. 8) Die Molybdänsäure (acidum molybdaenicum). Sie ist ebenfalls der Kalk des Molybdän- oder Wasserbleymetalles, das im gemeinen Wasserbley mit Schwefel verbunden ist. Man gewinnt sie aus dem letztern theils durch Calciniren, theils auf nassem Wege durch wiederholtes Abziehen der concentrirten Salpetersäure darüber. Sie ist

ziem-

ziemlich feuerbeständig, schmelzt im Feuer, verwandelt sich aber beym Zutritt der Luft in einen weißen Rauch. Im kalten Wasser löst sie sich sehr schwer auf, etwas leichter im kochenden. Die Auflösung reagirt als eine Säure.

Die Molybdänsäure ist einfach. Nach Hrn. Lavoisier ist sie aus dem Sauerstoff und dem Molybdänmetall (*molybdène*) zusammengesetzt. Er nennt sie *Acide molybdique.*

§. 363. 9) Die Wolframsäure (acidum wolframicum). Sie ist der Kalk des Wolframmetalls (*Scheelium Werneri*), und im Tungsten oder Schwerstein mit Kalkerde vereiniget. Sie erscheint als ein gelbes Pulver, das sich eigentlich nicht im Wasser auflöst, und das man nur wegen seiner Vereinigung mit Laugensalzen und Erden zu den Säuren rechnet, wohin es aber doch wol schwerlich gehört.

Es gehört der Wolframkalk, oder, wenn man lieber will, die Wolframsäure zu den einfachen Stoffen. Nach Hr. Lavoisier aber sind Sauerstoff und Tungsten= oder Wolframmetall (*Tungstène*) seine Bestandtheile. Er nennt ihn *Acide tungstique.*

§. 364. 10) Die Bernsteinsäure (acidum succini). Man erhält sie durch trockene Destillation des Bernsteines. Sie ist krystallisirbar, und wenn sie von allem anhängenden brenzlichten Oehl befreyet ist, weiß von Farbe, sehr sauer vom Geschmacke, im kalten Wasser ziemlich schwer auflöslich; weit leichter im siedenden. Ihre Krystalle sind dreyeckig prismatisch mit schief abgestutzten Endspitzen. Im Feuer ist sie flüchtig; an der Luft beständig, ohne zu zerfließen. Da der Bernstein selbst, von dem sie einen Bestandtheil ausmacht, ohne Zweifel den organischen Reichen, und namentlich dem Pflanzenreiche

sein

sein Daseyn zu verdanken hat; so könnte man auch billig die Bernsteinsäure zu den Pflanzensäuren zählen.

Da die Bernsteinsäure offenbar brennbarhaltig ist, so ist sie auch gewiß zusammengesetzt; es ist aber noch nicht ausgemacht, ob bloß Brennstoff und luftsaure Basis ihre Bestandtheile ausmachen. Hr. Lavoisier läßt sie aus Sauerstoff und der eigenthümlichen bernsteinsauren Basis (*Radical succinique*) bestehen; die letztere selbst ist nach ihm zusammengesetzt aus *Hydrogene* und *Carbone*. Sie heißt in seinem System *Acide succinique*.

§. 365. 11) Die Luftsäure (acidum aëris fixi). Wir kennen diese Säure, die nicht nur in sehr vielen erdigten Stoffen des Mineralreichs, sondern auch in allen organischen Substanzen einen Bestandtheil ausmacht, nur als luftförmige, elastische Flüssigkeit (luftsaures Gas), oder als Auflösung der letztern im Wasser (luftsaures Wasser). Wir werden sie in der Folge, im gasförmigen Zustande, näher betrachten; hier führe ich sie nur, um des Systems willen, als Säure auf. Ihre Acidität ist nur schwach; durch die Lackmustinctur aber leicht bemerkbar.

Ich halte die Luftsäure, als Basis des luftsauren Gas, für einfach. Hr. Lavoisier sieht sie nach seinem System für zusammengesetzt an, aus dem Sauerstoff, und dem einfachen Kohlenstoff (*carbone*). Deswegen nennt er sie auch *Acide carbonique* (Kohlensäure).

§. 366. Die zweyte Gattung der einfachern Salze (§. 353.) sind die Alkalien oder Laugensalze (Alcalia). Sie erregen auf der Zunge einen eigenthümlichen scharfen und brennenden Geschmack, verändern die blaue Farbe verschiedener Pflanzen, z. B. der Violen, in eine grüne, die rothe Farbe verschiedener Pflanzen z. B. des Fernambucholzes in eine violette, und die gelbe verschiedener Pflanzen

z. B.

z. B. der Curcumawurzel in eine braune. Sie vernichten die Wirkungen der Säuren auf eben diese Pflanzenfarben, so wie die Säuren umgekehrt die Wirkungen der Laugensalze darauf aufheben. Sonst äußern sie im Zustande ihrer Reinigkeit gegen die thierische Faser starke auflösende Kräfte, und man schreibt ihnen deswegen auch Aetzbarkeit zu.

Violensyrup wird von der Auflösung der Laugensalze grün, Fernambucpapier violet, Curcumapapier braun. Lackmustinctur, die von einer Säure geröthet ist, wird von Laugensalzen wieder blau.

§. 367. Wir kennen von dieser Gattung der Salze bis jetzt nur drey Arten, nemlich das **Gewächsalkali**, das **Mineralalkali** und das **flüchtige Alkali**. Das erstere ist freylich eigentlich nur im Pflanzenreiche zu Hause, oder, wenn es ja in mineralischen Gemischen vorkömmt, wie z. B. im Salpeter, so hat es doch darin gewiß dem Pflanzenreiche seinen Ursprung zu verdanken. Indessen handele ich es hier mit ab.

§. 368. 1) Das **Gewächsalkali** oder **vegetabilische Laugensalz** (alcali vegetabile) wird aus der Asche verbrannter Pflanzen, besonders harter Holzarten, durch Auslaugen, Abrauchen der Lauge und Calciniren des rückständigen Salzes gewonnen. Die sogenannte **Pottasche** (cineres clavellati) ist ein solches, wiewohl sehr unreines, Gewächslaugensalz. Reiner ist das aus dem Weinstein durchs Einäschern desselben und Auslaugen erhaltene Gewächsalkali, das auch den Namen des **Weinsteinsalzes** (Sal tartari) führt. Dieses aus der Asche der Pflanzen oder ihrer Producte gewonnene Gewächsalkali ist indessen, wenn es auch von andern fremdartigen Salzen gerei-

niget

nigt ist, doch noch nicht chemisch rein, sondern hat immer Luftsäure bey sich, die man ihm erst durch gebrannten Kalk entziehen muß. Von einem solchen, seiner Luftsäure beraubten Gewächsalkali, was man auch ätzendes Laugensalz nennt, ist hier die Rede. Dieses Alkali läßt sich zwar durch Glühen trocken darstellen, und ist ein weißes, aber nicht krystallisirbares, Salz, das an der Luft sehr starke Feuchtigkeit einsaugt, und darin leicht zerfließt. Im Glühefeuer schmelzt es, ohne sich zu verflüchtigen oder in eine expansible Flüssigkeit zu verwandeln.

Das Gewächsalkali ist eine einfache Substanz, auch nach dem System des Hr. Lavoisier, nach dem es *Potasse* heißt.

§. 369. 2) Das Mineralalkali (alcali minerale) kömmt zwar auch im Pflanzenreiche vor, und die **Soda**, die Asche verschiedener, am salzigten Meeresufer wachsender, Pflanzen enthält dasselbe; aber es ist doch eigentlich im Mineralreich zu Hause. Im Zustande seiner chemischen Reinigkeit, ohne Luftsäure, ist es, wie das Gewächsalkali, nicht krystallisirbar, läßt sich zwar auch durch die Hitze zu einem trocknen, weißen, Salze darstellen, saugt aber auch an der Luft Feuchtigkeiten ein, und zerfließt. Im Glühefeuer ist es ebenfalls schmelzbar, ohne sich zu verflüchtigen. Vom Gewächsalkali unterscheidet es sich durch seine Verhältnisse gegen andere Körper, besonders gegen die Säuren.

Das Mineralalkali ist eine einfache Substanz; auch nach dem System des Hrn. Lavoisier. Es heißt bey ihm *Sode*. — Beide Alkalien, das vegetabilische und mineralische, begreift man auch unter dem Namen der feuerbeständigen Alkalien (*Alcalia fixa*).

§. 370.

§. 370. 3) Das flüchtige Alkali (alcali volatile). Man gewinnt es insbesondere aus thierischen Substanzen, durch eine Destillation derselben; doch macht es auch in einigen Stoffen des Gewächsreichs einen Bestandtheil aus, und findet sich auch in einigen mineralischen Substanzen, z. B. in den Steinkohlen, worin es aber doch wol dem organischen Reichen seinen Ursprung verdankt. Im Zustande seiner Reinigkeit, ohne Luftsäure, läßt es sich nicht als feste Substanz darstellen, sondern erscheint nur als gasförmige Flüssigkeit (flüchtigalkalinische Luft), oder durch Wasser aufgelöst (ätzender Salmiakgeist). Von den beiden vorhergehenden Alkalien unterscheidet es sich also durch seine Flüchtigkeit, oder durch seine Fähigkeit, sich in eine expansible Flüssigkeit verwandeln zu lassen. Es hat daher auch einen sehr durchdringenden und scharfen Geruch. Man nennt es auch urinöses Salz.

Das flüchtige Alkali ist zusammengesetzt aus Brennstoff und einer noch unbekannten Basis, die wahrscheinlich Phosphorsäure ist, oder sie zum Bestandtheil hat. Nach dem System des Hrn. Lavoisier besteht es aus Stickstoff (*Azote*) und Wasserstoff (*Hydrogène*).

§. 371. Die Säuren und Alkalien zeigen gegen einander eine sehr starke Verwandtschaft, und lösen sich wechselseitig auf. Durch die Verbindung derselben unter einander verlieren beide nicht nur ihren eigenthümlichen Geschmack, sondern nehmen nun auch einen ganz eigenen an. Sie vernichten einander gleichsam in ihren Eigenschaften, und das aus beiden enstandene, gehörig gesättigte Gemisch wirkt nun nicht mehr als Säure, nicht mehr als Laugensalz, und bringt keine Veränderung mehr in den

Pflan-

Pflanzenfarben hervor, welche seine einzelne Bestandtheile bewirkten.

§. 372. Die Salze, die aus der Vereinigung der Säuren mit den Laugensalzen entspringen (§. 371.), und beiden zusammen ihr Daseyn zu verdanken haben, machen nun in der Ordnung der zusammengesetzten Salze (§. 353.) eine eigene und die erste Gattung aus. Sie heißen Neutralsalze (salia neutra).

§. 373. Jede Säure giebt mit jedem der drey Laugensalze eine eigene Art von Neutralsalze. Wir haben also dreymal so viel Arten der Neutralsalze, als wir eigenthümliche Säuren haben. In der Natur hat man freylich alle diese Arten noch nicht angetroffen. In der Verschiedenheit der Neutralsalze, welche die Säuren mit den Laugensalzen hervorbringen, beruhet hauptsächlich der Unterschied zwischen den Säuren untereinander, und den Laugensalzen unter einander, und nur diejenige Säure oder dasjenige Laugensalz ist für wesentlich verschieden zu halten, die mit eben dem Laugensalze, oder das mit eben der Säure ein verschiedenes Neutralsalz liefert.

§. 374. Die Neutralsalze unterscheiden sich von einander auf sehr mannigfaltige Weise in der Krystallisirungsfähigkeit, der Form der Krystalle, der Auflösbarkeit im Wasser, dem Verhalten an der Luft, dem Geschmack, der Flüchtigkeit oder Feuerbeständigkeit. Hier genügt es, nur die Namen der mit den oben angeführten Säuren erzeugten Neutralsalze anzuführen.

1) Wi-

1) Vitriolsäure mit Gewächsalkali: vitriolisirter Weinstein. (Tartarus vitriolatus. *Sulfate de Potasse Lav.*)

2) — — mit Mineralalkali: Glaubersalz (sal Glauberi. *Sulfate de Soude* L.)

3) — — mit flüchtigem Alcali: Glaubers Salmiak (Sal ammoniacum vitriolicum. *Sulfate ammoniacal* L.)

4) Salpetersäure mit Gewächsalkali: gemeiner Salpeter (nitrum vulgare. *Nitrate de Potasse* L.)

5) — — mit Mineralalkali: Rhomboidalsalpeter (nitrum rhomboidale. *Nitrate de Soude* L.)

6) — — mit flüchtigem Alkali: Salpetersalmiak (nitrum ammoniacale. *Nitrate d'ammoniaque* L.)

7) Küchensalzsäure mit Gewächsalkali: Digestivsalz (sal digestivum Sylvii. *Muriate de Potasse* L.)

8) — — mit Mineralkali: Küchensalz, Steinsalz, Meersalz (Sal culinare, fossile, marinum. *Muriate de Soude* L.)

9) — — mit flüchtigem Alkali: gemeiner Salmiak (sal ammoniacum vulgare. *Muriate d'ammoniaque* L.)

10) Flußspathsäure mit Gewächsalkali: flußspathsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile fluoratum. *Fluate de potasse* L.)

11) — — mit Mineralalkali: flußspathsaures Mineralalkali (alcali minerale fluoratum. *Fluate de Soude* L.)

12) — — mit flüchtigem Alkali: Flußspathsalmiak (alcali volatile fluoratum. *Fluate d'ammoniaque* L.)

13) Bo-

13) Boraxsäure mit Gewächsalkali: boraxsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile boraxatum. *Borate de Potasse*).
14) — — mit Mineralalkali: boraxsaures Mineralalkali (alcali minerale boraxatum. *Borate de Soude* L.)
15) — — mit flüchtigem Alkali: Boraxsalmiak (alcali volatile boraxatum. *Borate d'ammoniaque* L.)
16) Phosphorsäure mit Gewächsalkali: phosphorsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile phosphoratum. *Phosphate de Potasse* L.)
17) — — mit Mineralalkali: phosphorsaures Mineralalkali (alcali minerale phosphoratum. *Phosphate de Soude* L.)
18) — — mit flüchtigem Alkali: Phosphorsalmiak (alcali volatile phosphoratum. *Phosphate d'ammoniaque* L.)
19) Arseniksäure mit Gewächsalkali: arseniksaures Gewächsalkali (alcali vegetabile arsenicatum. *Arseniate de Potasse* L.)
20) — — mit Mineralalkali: arseniksaures Mineralalkali (alcali minerale arsenicatum. *Arseniate de Soude* L.)
21) — — mit flüchtigem Alkali: Arseniksalmiak (alcali minerale arsenicatum. *Arseniate d'ammoniaque* L.)
22) Molybdänsäure mit Gewächsalkali: Molybdänsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile molybdaenatum. *Molybdate de Potasse* L.)
23) — — mit Mineralalkali: molybdänsaures Mineralalkali (alcali minerale molybdaenatum. *Molybdate de Soude* L.)

24) Mo-

24) Molybdänsäure mit flüchtigem Alkali: Molybdänsalmiak (alcali volatile molybdaenatum. *Molybdate d'ammoniaque.*):

25) Wolframsäure mit Gewächsalkali: wolframsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile wolframiatum. *Tunstate de Potasse* L.)

26) — — mit Mineralalkali: wolframsaures Mineralalkali (alcali minerale wolframiatum. *Tunstate de Potasse* L.)

27) — — mit flüchtigem Alkali: Wolframsalmiak (alcali volatile wolframiatum. *Tunstate d'ammoniaque* L.)

28) Bernsteinsäure mit Gewächsalkali: bernsteinsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile succinatum. *Succinate de Potasse* L.)

29) — — mit Mineralalkali: Bernsteinsaures Mineralalkali (alcali minerale succinatum. *Succinate de Soude* L.)

30) — — mit flüchtigem Alkali: Bernsteinsalmiak (alcali volatile succinatum. *Succinate d'ammoniaque* L.)

31) Luftsäure mit Gewächsalkali: Luftsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile aëratum. *Carbonate de Potasse* L.)

32) — — mit Mineralalkali: Luftsaures Mineralalkali (alcali minerale aëratum. *Carbonate de Soude* L.)

33) — — mit flüchtigem Alkali: Luftsaures flüchtiges Alkali (alcali volatile aëratum. *Carbonate d'ammoniaque* L.)

Die

Die Neutralsalze mit den vegetabilischen Säuren werden in der Folge vorkommen. Die luftsauren Neutralsalze reagiren, wegen der Schwäche der Säure, noch als Laugensalze auf Pflanzenfarben.

§. 375. Die Säuren haben durchgehends eine nähere Verwandtschaft gegen die feuerbeständigen Laugensalze, als gegen das flüchtige Alkali. In den mehresten Fällen sind die Säuren auch dem Gewächsalkali näher verwandt, als dem Mineralalkali.

§. 376. Die Laugensalze zeigen gegen die verschiedenen Säuren ungleiche Verwandtschaft, und daher kann man das aus einem Laugensalz und einer gewissen Säure verfertigte Neutralsalz oft durch eine andere Säure zerlegen.

Von den Mittelsalzen wird nachher bey den Erden, und von den metallischen Salzen bey den Metallen gehandelt werden.

Erden.

§. 377. Die zweyte Classe der mineralischen Substanzen machen die **Erden** (terrae) aus. Dies sind unentzündliche, mehr oder weniger zerreibliche, feuerbeständige Körper, die sich ohne Zwischenmittel in 200 Theilen Wasser nicht auflösen lassen, und aus der Auflösung in Säuren durch Blutlauge nicht gefällt werden. Alle Erden sind im Zustande ihrer Reinigkeit ungefärbt und weiß.

§. 378. **Einfache Erden** (terrae primitivae, simplices) nennt man solche, die in keine andere ungleichartige Bestandtheile durch Kunst zerlegt werden können. Wir kennen davon jetzt acht verschiedene Arten; nemlich: 1) **Kalkerde**, 2) **Bittererde**, 3) **Thonerde**, 4) **Schwererde**, 5) **Kieselerde**,

erde, 6) Zirkonerde, 7) Diamantspatherde, und 8) Australerde.

§. 379. Die vier erstern Arten verbinden sich mit den Säuren auf eine ähnliche Art, wie die Laugensalze; benehmen ihnen den sauren Geschmack, und die Eigenschaft, als Säuren zu wirken. Man nennt sie deswegen auch absorbirende oder alkalische Erden; und die Verbindungen, die sie mit den Säuren liefern, Mittelsalze (salia media), die eine eigene Gattung von Salzen ausmachen (§. 353.). Doch sind nicht alle diese mittelsalzigen Verbindungen wahre Salze (§. 349.) zu nennen, sondern einige gehören wegen ihrer Schwerauflöslichkeit oder völligen Unauflöslichkeit im Wasser zu den erdigten oder steinigten Substanzen.

§. 380. Die Mittelsalze unterscheiden sich von einander nach der verschiednen Natur der sauren oder erdigten Basis, woraus sie zusammengesetzt sind, in der Krystallisirbarkeit, der Krystallenform, der Auflöslichkeit im Wasser, dem Geschmack, u. s. w. Wir werden die mittelsalzigen Verbindungen aus den mineralischen Säuren und den alkalischen Erden bey jeder Erde besonders mit anführen. In der Natur hat man freylich alle diese Verbindungen noch nicht gefunden.

§. 381. Die Kalkerde (terra calcarea, *Chaux* L.) wird im chemisch reinen Zustande nicht in der Natur angetroffen, sondern immer in Verbindung mit Säuren und Wasser. Die Verbindungen mit Luftsäure nennt man rohe Kalkerde (calx cruda), die durchs Glühen ihrer Luftsäure und ihres Wassers beraubt werden kann, wo sie dann gebrannter, lebendiger, ungelöschter Kalk (calx usta, viva)

ge-

genennt wird, der, wenn er keine fremde Beymischung hat, als die reine, einfache Kalkerde anzusehen ist. Sie löst sich in 680 Theilen Wasser auf, und diese Auflösung (Kalkwasser, aqua calcis vivae) ist durchsichtig, farbenlos, wirkt auf Pflanzenfarben, als ein Laugensalz, hat einen schrumpfenden und alkalischen Geschmack, bleibt bey Ausschließung der Luft unverändert, saugt aber an der Atmosphäre stark und schnell luftsaures Gas ein, und weil nun die solchergestalt luftsauer gewordne Kalkerde nicht mehr auflöslich bleibt, so fällt endlich aller Kalk als roher Kalk wieder heraus. Gegen diese Luftsäure zeigt überhaupt der gebrannte Kalk sehr viele Verwandtschaft, und auch er selbst wird an der Atmosphäre nach und nach wieder in rohen Kalk verwandelt. Er entzieht auch den luftsauren Laugensalzen diese Luftsäure, und macht sie ätzend. Das Wasser saugt der gebrannte Kalk mit vieler Kraft in sich, bindet es zum Crystallisationswasser, erhitzt sich eben deswegen sehr stark damit, und erhärtet nach und nach, wenn das überflüssige Wasser wieder verdunstet ist. Hierauf gründet sich die Anwendung zum Mörtel.

§. 382. Am hauptsächlichsten unterscheiden sich die alkalischen Erden von einander durch die Mittelsalze und mittelsalzigen Verbindungen, die sie mit den Säuren geben. Die Kalkerde liefert mit den oben erwähnten mineralischen Säuren folgende:

1) mit Vitriolsäure: Gyps, Selenit, Alabaster, (Gypsum, Selenites. *Sulfate de chaux* L.)

2) mit Salpetersäure: Kalksalpeter (calx nitrata. *Nitrate de chaux* L.)

3) mit Küchenſalzſäure: Salzſaure Kalkerde (calx muriatica. *Muriate de chaux* L.)

4) mit Flußſpathſäure: Flußſpath (fluor mineralis. *Fluate de chaux* L.)

5) mit Boraxſäure: Kalkborax, Boracit (calx boraxata. *Borate de chaux* L.)

6) mit Phosphorſäure: Knochenerde, Apatit, (calx phosphorata. *Phosphate de chaux* L.)

7) mit Arſenikſäure: Arſenikſaure Kalkerde (calx arſenicata. *Arſeniate de chaux* L.)

8) mit Molybdänſäure: Molybdänſaure Kalkerde (calx molybdaenica. *Molybdate de chaux* L.)

9) mit Wolframſäure: Tungſtein (lapis ponderoſus. *Tunſtate de chaux* L.)

10) mit Bernſteinſäure: Bernſteinſaure Kalkerde (calx ſuccinata. *Succinate de chaux* L.)

11) mit Luftſäure: rohe Kalkerde, Kalkſpath, Marmor u. ſ. w. (calx aërata. *Carbonate de chaux* L.)

§. 383. 2) Die **Talk- oder Bittererde** (magneſia, terra muriatica, *Magneſie* L.) iſt in ihrem reinen Zuſtande in Waſſer unauflösbar, ohne Aetzbarkeit und Schärfe, und liefert mit den vorher genannten Säuren ganz andere Mittelſalze und mittelſalzige Verbindungen, als die Kalkerde:

1) mit Vitriolſäure: Bitterſalz, engliſches Salz (ſal Epſom. *Sulphate de Magneſie* L.)

2) mit

2) mit Salpetersäure: salpetersaure Bittererde (magnesia nitrata. *Nitrate de magnesie* L.)

3) mit Küchensalzsäure: salzsaure Bittererde (magnesia muriatica. *Muriate de magnesie* L.)

4) mit Flußspathsäure: flußspathsaure Bittererde (magnesia fluorata. *Fluate de magnesie* L.)

5) mit Boraxsäure: boraxsaure Bittererde (magnesia boraxata. *Borate de magnesie* L.)

6) mit Phosphorsäure: phosphorsaure Bittererde (magnesia phosphorata. *Phosphate de magnesie* L.)

7) mit Arseniksäure: arseniksaure Bittererde (magnesia arsenicata. *Arseniate de magnesie* L.)

8) mit Molybdänsäure: molybdänsaure Bittererde (magnesiamolybdaenica. *Molybdate de magnesie* L.)

9) mit Wolframsäure: wolframsaure Bittererde (magnesia wolframiata. *Tunstate de magnesie* L.)

10) mit Bernsteinsäure: bernsteinsaure Bittererde (magnesia succinata. *Succinate de mugnesie* L.)

11) mit Luftsäure: luftsaure Bittererde (magnelia aërata, vulgaris. *Carbonate de magnesie* L.)

Die Bittererde macht einen Bestandtheil in den sogenannten Talkartigen Erden und Steinen aus, wie in dem Speckstein, Nephrit, Walkerde, Meerschaum, Bol, Serpentin, Talk, Asbest, Kyanit, Strahlstein, Tremolith.

§. 384. 3) Die Thonerde oder Alaunerde (terra argillaris, aluminaris, *Alumine* L.) macht einen

nen wesentlichen Bestandtheil des Thones aus, worin sie mit Kieselerde verbunden ist. Sie ist in ihrem reinen Zustande, wenn sie noch nicht im Feuer zusammengebacken ist, fein, schlüpfrig, giebt mit Wasser einen etwas zähen Teig, zieht sich beym Trocknen sehr zusammen, und wird im Feuer so hart, daß sie mit dem Stahl Feuer schlägt; sie verliert aber auch durchs Brennen alle ihre Schlüpfrigkeit, und die Fähigkeit, sich mit Wasser zu einer zähen Masse erweichen zu lassen. Sie zeigt nach dem Brennen keine Aetzbarkeit, und keine Auflöslichkeit im Wasser. Von den ätzenden Laugensalzen wird sie auf nassem Wege aufgelöst. Gegen die Luftsäure hat sie gar keine Verwandtschaft. Mit den übrigen Säuren liefert sie ganz eigene Mittelsalze:

1) mit Vitriolsäure: gemeinen Alaun (alumen vulgare. *Sulfate d' alumine* L.)
2) mit Salpetersäure: salpetersaure Thonerde (argilla nitrata. *Nitrate de alumine* L.)
3) mit Küchensalzsäure: salzsaure Thonerde (argilla muriatica. *Muriate de alumine* L.)
4) mit Flußspathsäure: flußspathsaure Thonerde (argilla fluorata. *Fluate d' alumine* L.)
5) mit Boraxsäure: boraxsaure Thonerde (argilla boraxata. *Borate d' alumine* L.)
6) mit Phosphorsäure: phosphorsaure Thonerde (argilla phosphorata. *Phosphate d' alumine* L.)
7) mit Arsenicksäure: arseniksaure Thonerde (argilla arsenicata. *Arseniate d' alumine* L.)

8) mit

8) mit Molybdänsäure: molybdänsaure Thonerde (argilla molybdaenica. *Molybdate d'alumine* L.)

9) mit Wolframsäure: wolframsaure Thonerde (argilla wolframica. *Tunstate d'alumine* L.)

10) mit Bernsteinsäure: bersteinsaure Thonerde (argilla succinata. *Succinate d'alumine* L.)

Die Thonerde macht einen Bestandtheil aus: in der Porzellanerde, im gemeinen Thone, im Jaspis, im Opal, im Pechstein, im Demantspath, im Feldspath, im Thonschiefer, im Brandschiefer, im Alaunerz, im Glimmer, in der Hornblende, in der Grauwacke, im Basalt, in der Lava, im Bimstein. Ferner auch im Hyacinth, Chrysolith, im Granat, im Rubin, im Sapphir, im Topas, im Smaragd, im Berill, im Schörl, im Thumerstein, im Hornstein, im Feuerstein, im Chalcedon, Holzstein, Zeolith, Kreuzstein, im Tripel, im Speckstein, in der Walkerde, im Bol, im Kyanit, im Mergel, im bituminösen Mergelschiefer.

§. 385. 4) Die **Schwererde** (terra ponderosa, *Baryte* L.) ist in ihrem Zustande der Reinigkeit im Wasser auflöslich, wiewohl nur wenig; denn sie braucht nach **Bergmann** 900 Theile Wasser dazu. Diese Auflösung ist scharf und schrumpfend von Geschmack, und wirkt, wie das Kalkwasser, auf verschiedene Pflanzensorten. Sie unterscheidet sich aber von der reinen Kalkerde durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, und durch andere Mittelsalze, die sie mit den Säuren liefert. Sie giebt:

1) mit Vitriolsäure: Schwerspath, Bologneserstein (spathum ponderosum. *Sulfate de baryte* L.)

2) mit Salpetersäure: salpetersaure Schwererde (terra ponderosa nitrata. *Nitrate de baryte* L.)

3) mit

3) mit Küchensalzsäure: küchensalzsaure Schwererde (terra ponderosa muriatica. *Muriate de baryte* L.)

4) mit Flußspathsäure: flußspathsaure Schwererde (terra ponderosa fluorata. *Fluate de baryte* L.)

5) mit Boraxsäure: boraxsaure Schwererde (terra ponderosa boraxata. *Borate de baryte* L.)

6) mit Phosphorsäure: phosphorsaure Thonerde (terra ponderosa phosphorata. *Phosphate de baryte* L.)

7) mit Arseniksäure: arseniksaure Schwererde (terra ponderosa arsenicata. *Arseniate de baryte* L.)

8) mit Molybdänsäure: molybdänsaure Schwererde (terra ponderosa molybdaenica. *Molybdate de baryte* L.)

9) mit Wolframsäure: wolframsaure Schwererde (terra ponderosa wolframica. *Tunstate de baryte* L.)

10) mit Bernsteinsäure: bernsteinsaure Schwererde (terra ponderosa succinata. *Succinate de baryte* L.)

11) mit Luftsäure: luftsaure Schwererde, Witherit (terra ponderosa aërata. *Carbonate de baryte*. L.)

Die Schwererde macht einen Bestandtheil aus: im Witherit, im Schwerspath, im Kreuzstein.

§. 386. 5) Die Kieselerde (terra silicea, *Silice* L.) ist nicht, wie die vorigen, vermögend, mit den

den Säuren Verbindungen einzugehen, außer mit der Flußspathsäure. Das Wasser löst sie nicht auf; doch geschieht es, nach **Bergmann**, in dem Wasser, dessen Hitze die des gewöhnlichen Siedepuncts übersteigt.

Die Kieselerde macht einen Bestandtheil des Quarzes, des Bergkrystalls, des Prasers, des Hyacinths, des Chrysoliths, des Olivins, des Granats, Rubins, Saphirs, Topases, Smaragds, Berills, Schörls, Thumersteins, Hornsteins, Feuersteins, Chalcedons, Holzsteins, Heliotrops, Chrysopras, Kieselschiefers, Obsidians, Katzenauges, Prehnits, Zeoliths, Kreuzsteins; — imgleichen des Zirkon, des Demantspathes, der Porzellanerde, des Thons, des Jaspis, Opals, Pechsteins, Feldspaths, Thonschiefers, Tripels, Glimmers, der Hornblende, der Wacke, des Basalts, der Lava, des Bimsteins, des Specksteins, des Nephrits, der Walkerde, des Meerschaums, des Bols, Serpentins, Asbestes, Strahlsteins, Tremolits, und Mergels aus.

§. 387. Die Kieselerde ist für sich unschmelzbar, mit feuerbeständigen Alkalien aber schmelzt sie in der Hitze zusammen, und liefert damit im gehörigen Verhältnisse die bekannte durchsichtige, harte, spröde, im Wasser unauflösbare, auf dem Bruch glänzende, schmelzbare und feuerbeständige Materie, das **Glas**. Je mehr Laugensalz zum Glase gesetzt worden ist, um desto weicher und schmelzbarer wird das Glas, und desto weniger widersteht es der Einwirkuug des Wassers und der Säure, und so geben vier Theile feuerbeständiges Gewächsalkali mit einem Theile Kieselerde ein Glas, das an der Luft unscheinbar wird, daraus die Feuchtigkeiten in sich nimmt, und sich im Wasser vollkommen auflöst (**Kieselfeuchtigkeit**, liquor silicum). Eine jede Säure schlägt daraus die Kieselerde nieder.

Auch andere Erden machen die Kieselerde schmelzbar. Metallische Kalke lassen sich auch mit dem Glase zusammen-

menschmelzen. — In der Chemie nimmt man das Wort Glas in einem weitläuftigen Sinne, und hat salzigte, erdigte, und metallische Gläser. Die undurchsichtigen Gläser nennt man auch Schlacken.

§. 388. 6) Die **Zirkonerde** ist vom Hrn. **Klaproth** in dem Zirkon entdeckt worden. Sie ist in den Säuren auflösbar, hat aber keine Verwandtschaft zur Luftsäure; und löst sich auch in den ätzenden Alkalien auf nassem Wege durch Hülfe der Wärme nicht auf. Durch das erstere Kennzeichen unterscheidet sie sich von der Kieselerde, durch das zweyte von der Kalk-, Bitter- und Schwererde; durch das dritte vom der Thonerde.

Chemische Untersuchung des Zirkons von Hr. Klaproth; in den Beobachtungen und Entdeckungen aus der Naturkunde, von der Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin. B. III. 1789. S. 147. ff.

§. 389. 7) Die **Demantspatherde** ist auch vom Hrn. **Klaproth** im Diamantspathe entdeckt worden. Sie ist in Säuren und in Alkalien gar nicht auflöslich. Durch letzteres Kennzeichen unterscheidet sie sich von der Kieselerde; durch das erstere von allen übrigen Erden.

Kleine mineralische Beyträge vom Hrn. Prof. Klaproth; in Crells chemischen Annalen. 1789. B. I. S. 5.

§. 390. 8) Die **Australerde** ist vom Hrn. **Wedgewood** in einer Erdart von Neu-Süd-Wales entdeckt worden. Sie ist unauflöslich im Wasser, in Vitriolsäure und Salpetersäure, wird aber von der concentrirten Küchensalzsäure durch Hülfe der Hitze aufgelöst, doch durch bloßes reines Wasser daraus wieder niedergeschlagen. Gegen die Luftsäure hat sie keine Verwandtschaft. In Alkalien ist sie auf nas-

nassem Wege; unauflösbar. Im strengen Feuer ist sie für sich schmelzbar.

Zergliederung einer mineralischen Substanz aus Neu-Süd-Wales, von Hrn. Jos. Wedgewood; aus den Philos. tr. Transactions Vol. LXXX. 1 90. S. 306. ff. übers. in Grens Journ. der Phys. B. IV. S. 479. ff.

Metalle.

§. 391. Die dritte Classe der mineralischen Substanzen machen die Metalle aus. Sie unterscheiden sich durch ihre Dichtigkeit, Undurchsichtigkeit, einen eigenthümlichen Glanz, Unauflösbarkeit im Wasser, durch ihre Schmelzbarkeit, und dadurch, daß sie beym Schmelzen in irdenen Gefäßen mit convexer Fläche stehen, von den Körpern anderer Classen. Die Metalle übertreffen an specifischem Gewicht alle andere bekannten Körper.

Die angeführten Unterscheidungsmerkmale passen nur auf die reguliniſchen Metalle, nicht auf ihre Kalke, die eigentlich hier gesetzt werden müßten, und wovon nachher geredet werden wird.

§. 392. Wir kennen gegenwärtig achtzehn verschiedene metallische Substanzen: 1) Platina, 2) Gold, 3) Silber, 4) Quecksilber, 5) Bley, 6) Kupfer, 7) Eisen, 8) Zinn, 9) Zink, 10) Wismuth, 11) Nickelmetall, 12) Spießglanzmetall, 13) Arsenik, 14) Koboldmetall, 15) Braunsteinmetall, 16) Molybdänmetall, 17) Wolframmetall, und 18) Uranium.

§. 393. Die mehresten dieser Metalle haben die Fähigkeit, sich durch Hämmern oder Druckwerk mehr oder weniger platt drücken, dehnen und verlängern zu lassen, oder besitzen Geschmeidigkeit; andere hin-

hingegen sind so spröde, daß sie unter dem Hammer in Stücke zerspringen. Die erstern nennt man Ganzmetalle (metalla perfecta); die andern Halbmetalle (semimetalla). Diese Benennung ist aber eben so unschicklich, als die Eintheilung selbst nicht wissenschaftlich ist.

§. 394. Die mehresten Metalle schmelzen im Feuer, ohne vorher einen merklichen Zwischenzustand der Consistenz anzunehmen; nur das Eisen und die Platina sind hiervon ausgenommen, die vor dem Schmelzen erst merklich weich werden, und daher die so nützliche Eigenschaft haben, sich schweißen zu lassen.

§. 395. Bey einem recht langsamen Erkalten nehmen die Theilchen der geschmolzenen Metalle durch das Gestehen auch eine regelmäßige und bestimmte Figur an, oder erleiden eine Krystallisation (§. 130.). Bey den sprödern, oder sogenannten Halbmetallen, z. B. beym Wismuthe und Spießglanzmetalle, ist die krystallinische Fügung der Theilchen sehr leicht wahrzunehmen; bey den zähen aber fällt sie nicht so leicht in die Augen, weil man die innern Theile derselben in ihrer natürlichen Lage nicht so gut zu Gesicht bekömmt, indem sich dieselbe wegen der Zähigkeit und Dehnbarkeit der Masse beym Zerreißen ändert.

§. 396. In Ansehung der Schmelzbarkeit der Metalle findet eine sehr große Verschiedenheit statt. So schmelzt das Quecksilber schon in der Temperatur unserer Atmosphäre; Zinn, Wismuth, Bley, Zink, vor dem Glühen; Spießglanzmetall, Silber, Gold, Kupfer, Koboltmetall, Eisen nach dem Glühen, und die Platina erst in einer sehr starken Gluth.

§. 397. Die mehresten Metalle sind in ihrem gewöhnlichen Schmelzfeuer beständig und fix, wie z. B. Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Bley, Zinn; andere sind flüchtig, oder lassen sich in verschlossenen Gefäßen durch die Hitze in expansible Flüssigkeiten, nemlich in Dämpfe, verwandeln, wie z. B. Quecksilber, Wismuth, Arsenik, Spießglanzmetall, Zink. Doch sind auch die feuerbeständigsten, wie Gold und Silber, in sehr großer Gluth, flüchtig.

§. 398. Die mehresten Metalle lassen sich untereinander zusammenschmelzen, und es entstehen daraus mannigfaltige **Metallgemische, Metallversetzungen, Legirungen**, die wegen ihrer besondern Eigenschaften oft von großem Nutzen sind. Merkwürdig ist es, daß sich einige Metalle nicht untereinander zusammenschmelzen lassen.

Beyspiele von diesen Metallgemischen giebt: das mit Kupfer, oder mit Silber, oder mit beiden zugleich legirte Gold; das mit Kupfer legirte Silber; die aus Kupfer und Zinn bestehende Bronze (aes), oder das Stückgut und Klockengut; das aus Zink und Kupfer bestehende Messing (orichalcum), das aus eben diesen Metallen zusammengesetzte Tombak, Prinzmetall, Similor; das weiße Kupfer aus Kupfer und Arsenik, das Pfundzinn aus Zinn und Bley, und ähnliche Compositionen.

§. 399. Alle Metalle, nur Gold, Silber, und Platina ausgenommen, erfahren schneller oder langsamer eine sehr merkwürdige Veränderung, wenn sie beym Zutritt der atmosphärischen Luft der Schmelzhitze ausgesetzt werden. Wird z. B. Bley in einem offenen Gefäße geschmolzen, so verliert es sehr bald seine glänzende, spiegelnde Oberfläche, und wird mit einer grauen erdigten Haut überzogen. Streicht man diese zurück, so kömmt zwar der metallische

Glanz

Glanz des Bleyes auf der Oberfläche wieder zum Vorschein; aber es währt nicht lange, so ist diese erdigte Haut wieder da, und man kann solchergestalt bey fortgesetzter Arbeit alles Bley in einen solchen grauen Staub verwandeln. Dieser im Feuer entstandene Staub vom Bley hat ganz das Ansehen einer Erde, ist pulverigt und locker. Der metallische Glanz, der Zusammenhang, und die große Anzahl sinnlicher Eigenschaften, die dem Bley als Metall zukommen, sind verlohren gegangen.

§. 400. Metall, das auf irgend eine Weise diese Veränderung erfahren hat, heißt ein **metallischer Kalk** (calx metallica), auch wol wegen der Form die **Erde des Metalles** (terra metallica). Metall hingegen, das mit den §. 391 erwähnten Eigenschaften versehen ist, **regulinisches Metall**, oder auch ein **metallischer König** (regulus). Da Gold, Silber und Platina sich nicht durch die Schmelzhitze **verkalken**, oder in Kalk verwandeln lassen, so unterscheidet man sie auch durch den Namen der **edlen Metalle** (metalla nobilia) von den übrigen, die diese Eigenschaft besitzen, und die man **unedle** (metalla ignobilia) nennt.

§. 401. Die Kalke der Metalle haben sowohl nach dem Unterschiede der Metalle, als nach dem Grade der bey der Verkalkung angewandten Hitze verschiedene Farben. Alle besitzen wegen ihres lockern und losern Zusammenhanges ein geringeres eigenthümliches Gewicht, als die regulinischen Metalle, woraus sie entstanden sind. Die Kalke der flüchtigen Metalle sind viel feuerbeständiger, als die Metalle selbst, aus denen sie entstanden sind, und alle

er=

erfordern zum Schmelzen eine weit größere Hitze, als ihre Metalle. Sie gehen alle, wo nicht für sich allein, doch in Verbindung mit andern, beym Schmelzfeuer in ein Glas über, das immer von ansehnlicher Dichtigkeit ist. Diese metallischen Gläser (vitra metallica) besitzen ganz und gar nicht mehr die Eigenschaften der regulinischen Metalle; sie fließen im Feuer in den irdenen Schmelzgefäßen nicht mehr mit convexer Fläche, weil sie mit diesen Gefäßen jetzt cohäriren (§. 139.); sie vermischen sich im Flusse mit andern erdigten und salzigten Gläsern, wie mit dem gemeinen Glase, und theilen ihnen nach ihrer unterschiedenen Natur verschiedene Farben mit. Die metallischen Kalke und Gläser können auf keine Weise mit den regulinischen Metallen zusammengeschmolzen werden, und zeigen überhaupt ganz andere Verhältnisse gegen andere Körper, als diese. Von den gemeinen Erden (§. 377.) unterscheiden sich die Metallkalke theils durch ihre Eigenschaft, das Glas, womit sie zusammengeschmolzen worden sind, zu färben, theils dadurch, daß ihre Auflösung in Säuren durch Blutlauge gefällt wird. Einige wenige Kalke der Metalle, wie der des Arseniks, des Molybdän- und des Wolframmetalls, zeigen sich als Säuren (§. 361 — 63.).

§. 402. Ein sehr merkwürdiges Phänomen bey den metallischen Kalken und Gläsern ist, daß sie ein größeres absolutes Gewicht haben, als das regulinische Metall hatte, aus dem sie entstanden sind. Diese Zunahme des absoluten Gewichts findet bey allen Metallkalken statt, und zwar bey einigen mehr, bey andern weniger, vorausgesetzt, daß von dem Metallkalke selbst nichts verlohren gegangen ist,

was

was bey flüchtigen Metallen, leicht stattfinden kann.

§. 403. Die metallischen Kalke und Gläser lassen sich beym Zusatz brennlicher Dinge, unter Ausschluß der respirabeln Luft, durchs Schmelzfeuer wieder in regulinische Metalle verwandeln, was man das **Wiederherstellen** oder **Reduciren** derselben nennt. * Metallkalke, die schwer und streng im Feuer fließen, erfordern dazu solche verbrennliche Dinge, die ihr Brennbares nicht zu leicht oder zu schnell fahren lassen. Bey dieser Wiederherstellung verliert sich nun wieder die Zunahme des absoluten Gewichts, welche die metallischen Kalke und Gläser hatten, und das wiederhergestellte Metall hat wieder alle Eigenschaften eines regulinischen Metalles erlangt.

Die edlen Metalle lassen sich zwar nicht durch Feuer verkalken, aber doch auf nassem Wege durch Säuren, wie nachher angeführt werden wird. Die Wiederherstellung aus ihren Kalken geschiehet durch Schmelzen dieses Kalks im Glühefeuer, auch ohne Zusatz von brennbaren Dingen. Der Kalk des Quecksilbers ist ihnen in diesem letztern Stück ähnlich.

§. 404. Da bloß brennbare Dinge und nur sie allein zur Wiederherstellung der Metalle aus ihren Gläsern und Kalken dienen, sie mögen übrigens aus einem Reiche der Natur seyn, aus welchem sie wollen; so scheint es mir gar keinem Zweifel unterworfen zu seyn, daß die Metalle beym Verkalken ihr Brennbares, d. h. ihren gebundenen Licht- und Wärmestoff, verlieren und beym Reduciren wieder erhalten. Es folgt hieraus unmittelbar, daß die Metalle aus ihrem Kalke und dem brennbaren Wesen zusammengesetzt sind, und daß von der Verbindung

des

des letztern mit dem Kalke die regulinische Eigenschaft des Metalles abhängt. Die in der Folge bey der Lehre vom Feuer beyzubringenden Umstände beweisen offenbar, daß das Verkalken der Metalle ein wahres Verbrennen ist, wie auch die wirkliche Entzündung mehrerer Metalle in der Hitze, wie des Zinks, des Kupfers, und des Stahls zeigt.

§. 405. Die Theorie des Verkalkens hängt zwar eigentlich mit der Lehre vom Verbrennen und vom Feuer zusammen, die in der Folge erst vorgetragen werden kann; indessen muß ich doch hier schon das Nöthigste zur Erklärung des Verkalkens und Wiederherstellens davon beybringen. Diesemnach bestehen die regulinischen Metalle aus dem ihnen eigenthümlichen und einfachen Kalke und dem Brennstoff. Der Brennstoff selbst ist die Zusammensetzung aus Licht- und Wärmestoff, die durch ihre Vereinigung mit dem Kalke des Metalles ihre ursprüngliche Expansivkraft verlohren haben; aber auch hinwiederum durch ihre Verbindung mit dem Metallkalke die Eigenschaften und Verhältnisse desselben abändern. In der Schmelzhitze unter dem Zutritt der Luft zieht der respirable Theil der letztern aus dem geschmolzenen unedlen Metalle den Brennstoff in sich, dessen Zusammenhang mit dem Kalke des Metalles durch die Erhitzung schwächer geworden ist. Der Antheil des Brennstoffs, der hierbey wieder frey wird, bildet das Verbrennen oder das Feuer; der, welcher von dem respirablen Theil der Luft wieder aufgenommen wird, verwandelt diese in phlogistisirte Luft oder Stickluft. Nach der Wegnahme des Brennstoffs aus dem Metallkalke bleibt dieser nur

mit seinen ihm zukommenden eigenthümlichen Eigenschaften zurück, verschieden von dem zusammengesetzten regulinischen Metalle. So wie der Kalk des Metalles, als eine nicht expansive Substanz, durch seine Vereinigung mit dem Licht- und Wärmestoff die ursprüngliche Grundkraft derselben, die sie afficirt, die Expansivkraft, raubt, oder vielmehr ruhend macht; so hebt auf der andern Seite das nicht schwere Feuer, d. h. der Licht- und Wärmestoff, durch die Fixirung zum Brennstoff, d. h. zum fixirten Feuer, in den Partikeln des Kalks, mit denen es sich vereinigt, die Schwerkraft auf; und diese in Verbindung mit den übrigen Kalktheilen, mit denen sie zusammen eine chemische Zusammensetzung, das regulinische Metall, ausmachen, müssen nun freylich weniger absolutes Gewicht haben, als die vom Brennbaren entblößten Metallkalktheilchen allein haben würden, wie es oben §. 344. im Allgemeinen ausgedrückt worden ist. Durch die Verkalkung, das ist, durch die Entziehung des Brennstoffs, oder des gebundenen Feuers, wird also dem Metalle das wiedergenommen, was in einem Antheile seiner schweren Masse die Schwere ganz aufgehoben hatte, und folglich werden nun wieder nach der vollkommnen Verkalkung alle seine Theilchen von der Schwere afficirt; es muß also auch das Product aus der Schwerkraft durch die schwere Masse größer werden, weil die letztere größer geworden ist, oder das Gewicht muß zunehmen. Die respirable Luft, die bey der Verkalkung des Metalles seinen Brennstoff aufnimmt, muß dadurch auf der andern Seite im Gewicht vermindert werden, wie auch die Erfahrung lehrt. Die Wiederherstellung der Metallkalke zu regulinischen

Metallen besteht darin, daß jene aus den zugesetzten brennbaren Dingen den Brennstoff, der näher mit ihnen verwandt ist, als mit den übrigen Bestandtheilen, die die Zusammensetzung dieser verbrennlichen Dinge ausmachen, beym Schmelzen in sich nehmen, wobey freylich der Ausschluß der respirabeln Luft stattfinden muß, die sonst das hergestellte Metall wieder verkalken würde. Dadurch muß der Metallkalk wieder in seinem Gewichte, so wie in andern Verhältnissen, verändert werden. Die übrigen Bestandtheile der zum Reduciren gebrauchten verbrennlichen Dinge entweichen vermittelst der Hitze theils als expansible Flüssigkeiten, theils bleiben sie verändert zurück. — Die edlen Metalle lassen sich wegen der sehr starken Verwandtschaft ihrer Kalke zum Brennstoff nicht durchs Feuer verkalken; und diese ihre Kalke binden auch beym Schmelzen im Glühen das Feuer, oder den freyen und Licht- und Wärmestoff, und lassen sich also ohne Zusatz brennbarer Dinge, auch beym Zutritt der respirablen Luft reduciren. In dieser Eigenschaft kömmt auch der Kalk des Quecksilbers mit den Kalken der edlen Metalle überein.

Einige Metallkalke nehmen eine verschiedene Quantität des Brennstoffs in sich auf, und zeigen nach dieser verschiedenen Stufe der Phlogistisirung verschiedene Eigenschaften. Beyspiele giebt das Eisen, das dadurch als Gußeisen, Stahl, geschmeidig Eisen, und Eisenmohr erscheint; ferner das Arsenikmetall, das als Arsenikkönig, als schwarzer Arsenikkalk und als weißer Arsenik ein verschiedenes Verhältniß des Brennstoffs zum Kalk enthält.

Nach dem System des Herrn Lavoisier sind die regulinischen Metalle einfache Substanzen. Die unedlen haben eine starke Verwandtschaft zum Sauerstoff (oxygene), der die Basis des respirablen Antheils (gas oxygene) der atmosphärischen Luft ausmacht. In

 der

der Schmelzhitze saugen sie diesen Sauerstoff in sich, und werden dadurch zu den, ihrem absoluten Gewichte nach vermehrten Metallkalken, die folglich aus dem regulinischen Metall und dem Sauerstoff zusammengesetzt sind, und also auch andere Eigenschaften und Verhältnisse haben, als das regulinische Metall allein hat. Weil aber diese Metallkalke noch nicht die Eigenschaften einer Säure durch die Aufnahme des Sauerstoffs erhalten, so nennt er sie *Oxydes* (Halbsäuren). Nur Arsenikmetall, Molybdänmetall und Wolfram sind fähig, so viel Sauerstoffe aufzunehmen, daß sie als Säuren (*acides*) erscheinen. Die Verkalkung heißt daher auch nach diesem System eine *Oxydation*. Die Reduction besteht darin, daß verbrennliche Substanzen, d. h. solche Substanzen, die fähig sind, dem Gas oxygene den Sauerstoff zu entziehen, durch ihre nahe Verwandtschaft dazu ihn in der Glühehitze dem Metallkalke rauben, folglich ihn nun wieder als regulinisches Metall, und mit vermindertem Gewicht zurücklassen. — Die Kalke der edlen Metalle, und auch der Kalk des Quecksilbers werden nach dieser Theorie dadurch wieder hergestellt, daß der Sauerstoff durch die Hitze für sich allein ausgetrieben wird, und als Lebensluft (gas oxygene) entweicht. — Schade nur, daß es nicht erwiesen ist, daß Kalke der edlen Metalle an sich, und wenn sie keine Feuchtigkeit und kein Wasser enthalten, auch die Lebensluft, bey ihrer Wiederherstellung für sich im Glühefeuer, liefern.

§. 406. Die unedlen Metalle verlieren in der respirablen Luft, zumal, wenn sie feucht ist, einige früher, andere später, ihren metallischen Glanz, werden unscheinbar, oder auf der Oberfläche in Rost verwandelt. Dies Rosten der Metalle ist eine wahre Verkalkung derselben, wobey ihr Brennstoff nach und nach an die Luft tritt, ohne frey zu werden; und der Rost selbst ist Metallkalk, der zu gleicher Zeit mit Luftsäure und Feuchtigkeit beladen wird.

§. 407. Das eigentliche Auflösungsmittel für die Metalle auf nassem Wege sind die Säuren. Aber nicht jede Säure greift alle regulinische Metalle an, und nicht jedes regulinische Metall wird in allen

Säuren

Säuren aufgelöst. Diese Auflösung geschiehet allemal mit mehr oder weniger Aufbrausen und mit Entwicklung von Luftarten. So ist die Auflösung eines regulinischen Metalles in concentrirter Vitriolsäure mit der Entwickelung von Schwefelluft, die in verdünnter Vitriolsäure und in Salzsäure mit der von brennbarer Luft, und die in Salpetersäure mit der von Salpeterluft begleitet. Diese Luftarten können ohne Brennbares nicht entstehen, wie ihre nähere Untersuchung in der Folge lehren wird. Dies zeigt also schon, daß bey der Auflösung der regulinischen Metalle in Säuren brennbares Wesen abgeschieden werde; und wirklich lehrt auch die Erfahrung, daß sich die Metalle in ihrem sauren Auflösungsmittel nur als Kalke aufgelöst befinden. Bey der Auflösung der vollkommnen metallischen Kalke in den Säuren entwickeln sich daher auch jene Luftarten nicht, und mehrere Säuren, die wegen ihrer phlogistischen Beschaffenheit wenig Anziehung zum Brennstoff haben, lösen die Kalke der Metalle auf, wenn sie auch das regulinische Metall nicht auflösen konnten. Einige völlig dephlogistisirte Metallkalke sind indessen in einigen Säuren gar nicht auflösbar. Uebrigens ist diese Auflösung in Säuren auch ein Mittel, selbst die edlen Metalle in den kalkförmigen Zustand zu bringen.

Nach der Theorie des Herrn Lavoisier entziehen die Metalle den Säuren einen Theil ihres Sauerstoffs und werden dadurch zu Halbsäuren (Oxides) oder Kalken.

§. 408. Die Säuren treten mit den Metallkalken, die sie aufgelöst haben, zu neuen Körperarten zusammen, und bilden metallische Salze (salia metal-

metallica), oder Mittelsalze mit einer metallischen Basis, die eine sehr wichtige Gattung der Salze (§. 353.) ausmachen. Sie unterscheiden sich unter einander nach ihrer metallischen Basis und der Säure, in der Krystallisirbarkeit, der Gestalt und Farbe der Krystalle, der Auflösbarkeit im Wasser und Weingeiste, dem Geschmacke, dem Verhalten an der Luft, u. s. w.

§. 409. Die Alkalien und alkalischen Erden schlagen die Metalle aus ihren Auflösungen in Säuren nieder; aber natürlicherweise nur kalkförmig. Da auch die Säuren eine verschiedene Verwandtschaft gegen einen und denselbigen Metallkalk haben, so können auch die metallischen Salze durch andere Säuren zerlegt werden, die näher mit dem Metallkalk verwandt sind, als das vorige Auflösungsmittel.

§. 410. Die verschiedenen regulinischen Metalle besitzen gegen einerley Säure nicht gleich starke Verwandtschaft, und es läßt sich daher einerley Metall durch ein anderes daraus niederschlagen. Hängt man z. B. in die mit Wasser verdünnte Auflösung des Kupfers in Vitriolsäure ein polirtes Eisenblech, so wird dies auf der Oberfläche mit regulinischem Kupfer überzogen (Cementkupfer), und mit der Zeit wird alles Kupfer herausfallen, und die Auflösung in eine Eisenauflösung verwandelt werden. Durch vollkommenen Eisenkalk geschieht dieser Niederschlag des regulinischen Kupfers nicht, nur durch regulinisches Eisen. So kann man ein Metall durch ein anderes aus seiner Auflösung regulinisch niederschlagen. Man bemerkt hierbey keine Entwickelung von Luftarten, die

sonst

sonst bey der Auflösung der regulinischen Metalle in Säuren zum Vorschein kommen, und doch wird das fällende regulinische Metall eben so im kalkförmigen Zustande von der Säure aufgenommen, als sonst für sich allein. Es geht also hier eine doppelte Wahlverwandtschaft vor, dergestalt, daß der Brennstoff des zugesetzten fällenden regulinischen Metalles an den Kalk des vorher aufgelösten Metalles tritt, und ihn wiederherstellt, während daß die Säure das zugesetzte regulinische Metall kalkförmig in sich nimmt. Es ist dies also eine Wiederherstellung des Metalles auf nassem Wege. Mehrere Metalle bilden bey dieser Niederschlagung aus Säuren durch andere regulinische Metalle, kraft der eigenthümlichen Anziehung und Gruppirung der Grundmassen derselben, (§. 131.) krystallinische Anschüsse, und geben so Gelegenheit zur Entstehung der sogenannten künstlichen Vegetationen oder Dianenbäume.

Hieher gehört insbesondere: 1) der Silberbaum (arbor Dianae). Man nimmt drey Theile gesättigte Auflösung des Silbers in Salpetersäure, zwey Theile gesättigte Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure, und zwanzig Theile destillirtes Wasser, vermischt es mit einander, seihet es klar durch, und gießt es in einem engen cylindrischen Glase mit flachem Boden auf drey Theile von einem Amalgama, das aus einem Theile Silber und sieben Theilen Quecksilber gemacht und völlig regulinisch ist. Es schlägt sich nun durch die Zeit und Ruhe das Silber regulinisch nieder, amalgamirt sich mit dem überflüssigen Quecksilber, und bildet krystallinische Anschüsse, deren Gruppirung die Vegetation ausmacht.

2) Der Bleybaum (*arbor Saturni*). Man löset Bleyzucker in destillirtem Wasser auf, seihet die Auflösung klar durch, schüttet sie in einen schmalen Glascylinder, und hängt an einem Faden ein Stück oder eine Stange Zink hinein. Es schlägt sich das Bley durch die Ruhe krystallinisch nieder, und hängt sich an den Zink an.

3) Der Zinnbaum (*arbor Jovis*). Man erhält ihn, wie den vorigen, wenn man in die Auflösung des Zinnes in Essigsäure regulinischen Zink hängt.

Nach dem System des Hrn. Lavoisier geschieht der regulinische Niederschlag des Metallkalks aus der Säure, durch ein anderes regulinisches Metall so, daß das letztere dem aufgelösten Kalk wegen seiner nähern Verwandtschaft den anhängenden Sauerstoff entzieht, und es solchergestalt wieder herstellt.

§. 411. Die vollkommenen und reinen Kalke der Metalle sind einfach, und der Art nach von einander verschieden. So lange man nun noch nicht bewiesen hat, daß ein Metallkalk aus den Bestandtheilen des andern zusammengesetzt ist, so bleibt auch die Metallverwandlung immer noch ein Hirngespinnst.

§. 412. Wir wollen nun noch die einzelnen Metalle nach ihren vorzüglichsten Unterscheidungsmerkmalen, und ihre merkwürdigsten Producte betrachten.

1) Gold (Aurum, Sol). Ein edles Metall von einer gelben Farbe. Hat nach der Platina das größeste eigenthümliche Gewicht unter allen bekannten Materien, eine mäßige Härte, geringe Federkraft und wenig Klang, eine sehr große Zähigkeit und Ductilität (§. 40. Anm. 3.), keinen Geruch und keinen Geschmack; ist unwandelbar in der Luft und im Wasser in seinem metallischen Glanze, schmelzt erst in der Weißglühehitze; fließt mit einer Aquamarinfarbe; ist sehr feuerbeständig, und wird im regulinischen Zustande nur von der dephlogistisirten Küchensalzsäure, und durch sie vom so genannten Königswasser oder Goldscheidewasser, aus Salzsäure und Salpetersäure bestehend, sonst aber von keiner Säure aufgelöst, die es nur im kalkförmigen Zustande auf-

lösen

lösen können. Der Kalk des Goldes färbt das Glas roth.

Zu den merkwürdigsten Producten des Goldes gehören

1) Die Auflösung des Goldes in Königswasser. Sie ist goldgelb von Farbe, und macht auf der Haut purpurrothe Flecke.

2) Das Knallgold (aurum fulminans), das aus der Auflösung des Goldes in Königswasser und in andern Säuren durch Niederschlagung mit flüchtigem Laugensalze und Aussüßen mit Wasser erhalten wird.

3) Der Goldpurpur des Cassius (purpura mineralis), aus der verdünnten Auflösung des Goldes in Königswasser durch Auflösung des Zinnes in Königswasser niedergeschlagen. Er ist Gold- und Zinnkalk, und schön purpurroth von Farbe.

§. 413. 2) Platina (Platina, platinum). Sie ist ein edles Metall von einer silberweißen Farbe. Sie kömmt aus Peru in Amerika in Gestalt kleiner, rundlicher geplätschter Körner zu uns, die fast das Ansehen des Eisenfeils haben, und sich wegen des anklebenden Eisengehalts vom Magnet ziehen lassen, was die reine Platina nicht thut. Das eigenthümliche Gewicht der reinen Platina ist größer, als das irgend einer bekannten Materie. Sie läßt sich dehnen und hämmern, oder ist streckbar, und übertrifft an Festigkeit das Gold. Ihre Härte ist geringer als die vom geschmeidigen Eisen, aber größer, als die vom Kupfer. Sie ist äußerst strengflüssig; läßt sich aber im Glühen schweißen, hat keinen Geschmack und keinen Geruch, und verliert an der Luft ihren Glanz nicht. Sie wird von keiner bekannten Säure aufgelöst, außer von der dephlogistisirten Salzsäure, und durch dieselbe vom Königswasser, oder dem Gemisch aus Salzsäure und Salpetersäure. Diese Auflösung färbt die Haut schwarzbraun.

§. 414. 3) Silber (argentum, Luna, Diana). Es ist ein edles Metall von einer weißen Farbe und einem sehr starken Glanze; sehr dehnbar, von einer größern Härte und Elasticität als das Gold, aber von einer geringern, als das Kupfer, und ohne Geruch und Geschmack. Es schmelzt bey einer Hitze, die etwas geringer ist, als die, worin das Gold fließt, und die anfangende Weißglühehitze ist. An der Luft ist es keinem Rosten und Beschlagen ausgesetzt, nur durch schwefligte Dünste läuft es schwarz, auch wol bunt, an. Das wirksamste Auflösungsmittel für das Silber ist die Salpetersäure; die Auflösung ist ungefärbt und klar, ätzend und scharf, und färbt die Haut schwarz.

Wir merken: 1) Silbersalpeter (argentum nitratum, *Nitrate d' argent* L.), aus dem man durch Schmelzen und Verjagen des Krystallisationswassers 2) den Höllenstein (lapis infernalis lunaris, *Nitrate d' argent fondu* L.) bereitet; 3) Hornsilber (luna cornua, *Muriate d' argent*), oder die Verbindung des Silbers mit Küchensalzsäure; 4) Knallsilber (argentum fulminans), oder den Niederschlag des Silbers aus der Salpetersäure durch Kalkwasser, der nach dem Aussüßen mit ätzendem flüchtigem Laugensalze am Tageslichte digerirt worden ist.

§. 415. 4) Quecksilber (Hydrargyrum, argentum vivum, Mercurius). Es hat den Glanz und die Farbe des Silbers, ist in der bey uns gewöhnlichen Temperatur der Atmosphäre stets flüssig, oder geschmolzen, und also das leichtflüssigste aller Metalle. Es wird erst fest bey einer Verminderung der Wärme bis 40 Gr. unter 0 nach Fahrenheit. Im Feuer ist es flüchtig, es kocht bey 600° nach Fahrenheit, und läßt sich in Dunst, oder in expansible Flüssigkeit verwandeln. Durch Schütteln und Rei-

sen verwandelt es sich in einen unvollkommnen oder noch phlogistisirten schwarzgrauen; und durch anhaltendes Erhitzen in einen vollkommenen, dunkelrothen Kalk, der scharf und metallisch schmeckt. Diese und alle Kalke des Quecksilbers lassen sich durch die Glühehitze wieder zu regulinischem Quecksilber herstellen, auch ohne Zusatz von brennlichen Dingen (§. 405.). Die Salpetersäure löst das Quecksilber leicht auf, und die Auflösung ist ungefärbt und klar, scharf und ätzend von Geschmack, färbt die Haut schwarz, läßt sich krystallisiren, und läßt nach dem Abrauchen und Calciniren einen hochrothen Kalk des Quecksilbers zurück, der sich von dem im Feuer bereiteten durch innigst damit verbundene salpetersaure Theile unterscheidet.

Wir merken von den Producten des Quecksilbers:

1) Den durch Schütteln und Reiben des laufenden Quecksilbers zu gewinnenden schwarzgrauen Kalk, oder den Aethiops per se. (*Oxide de mercure noirâtre* L.); 2) den durchs Feuer zu verfertigenden dunkelrothen Quecksilberkalk, oder den Mercurius praecipitatus per se (*Oxide de mercure rouge par le feu* L.); 3) den durchs Abrauchen der Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure und gelindes Calciniren des Rückstandes zu erhaltenden Quecksilberkalk, oder den *Mercurius praecipitatus ruber* (*Oxide de mercure par l' acide nitrique* L.); 4) den Quecksilbervitriol, (mercurius vitriolatus), oder die Verbindung des Quecksilberkalks mit Vitriolsäure, die nach dem Abwaschen mit heißem Wasser 6) das schöngelbe mineralische Turpeth (*Turpethum minerale, Oxide de mercure jaune par l' acide sulfurique* L.) giebt; 5) den Quecksilbersalpeter (Mercurius nitratus, *Nitrate de mercure* L.); 6) den ätzenden Quecksilbersublimat (mercurius sublimatus corrosivus (*Muriate de mercure corrosif* L.), 7) den weißen Präcipitat (mercurius praecipitatus albus, *Muriate de mercure par precipitation* L.) und 8) das versüßte Quecksilber (mercurius dulcis, *Muriate de mercure doux* L.), die alle drey salzsaures Quecksilber sind, und sich dadurch unterscheiden, daß in dem erstern der Quecksilberkalk vollkommen verkalkt oder dephlogistisirt, in dem dritten unvoll-

vollkommen verkalkt ist, und in dem zweyten sich mehr oder weniger dem ersten oder dritten nähert.

Die Auflösung anderer Metalle im Quecksilber heißt Amalgama.

§. 416. 5) Bley (Plumbum, Saturnus). Seine Farbe ist bläulich weiß; sein Glanz auf dem frischen Bruche zwar ziemlich stark; es verliert ihn aber bald an der Luft und wird unscheinbar; mit der Zeit rostet es an der Luft, und wird mit einem graulich weißen Beschlag überzogen, der luftsaurer Bleykalk ist. Die Ductilität des Bleyes ist ziemlich groß, aber seine Zähigkeit und Härte sehr geringe. Es hat einen eigenen Geruch, wenn es gerieben, oder gebrannt wird. Im Feuer schmelzt es sehr leicht, vor dem Glühen, bey 54° Gr. Fahrenh. Beym Glühen und in starker Gluth ist es flüchtig, und verwandelt sich in einen weißlichen Rauch. Es wird beym Schmelzen leicht verkalkt, und in einen grauen Kalk (Bleyasche) verwandelt, der bey stärkerer Hitze gelblich wird (Masticot), dann in eine Art von Zusammensinterung kömmt, und eine blaßröthliche Farbe annimmt (Silberglätte, Bleyglätte), und zuletzt zu einem wirklichen Glase fließt (Bleyglas), das schön durchsichtig, honiggelb, und ansehnlich dicht ist. Die Auflösung des Bleyes in Säuren ist ungefärbt.

Vom Bley ist zu merken: 1) die Bleyasche (cinis saturni, calx plumbi grysea), der Kalk des Bleyes, der sich bey der Hitze bildet, die noch nicht das Glühen erreicht; 2) der Masticot (cerussa citrina, *Oxide de plomb jaune* L.), der beym anfangenden Glühen des vorigen Kalks entsteht; 3) die Bleyglätte (lithargyrium, *Oxide de plomb demi-vitreux* L.), oder der Kalk, der eine anfangende Zusammensinterung beym Glühen erlitten hat; 4) die Mennige (Minium, *Oxide de plomb rouge* L.), die aus dem mit Wasser angefeuchteten Masticot durch Calciniren erhalten wird; 5) das Bley-

Bleyweiß (cerussa alba), der durch die Dämpfe des Essigs gebildete Bleykalk; 5) das Bleyglas (vitrum saturni), das durchs völlige Schmelzen aller vorhergenannten Bleykalke entsteht, und die Grundlage der Glasur auf dem gemeinen Töpferzeuge ausmacht; 6) der Bleyessig (acetum lythargyrii, *Acetite de Plomb* L.), die Auflösung des Bleykalks in Essig, die durch Abdunsten zu 7) dem Bleyzucker (saccharum saturni), einem süßschmeckenden Salze anschießt, dessen süßer Geschmack eben zu der gottlosen Verfälschung des Weins mit Bleyglätte Anlaß gegeben hat.

§. 417. 6) **Kupfer** (cuprum, Venus). Es hat eine röthliche Farbe, ist sehr ductil und geschmeidig, von einer großen Zähigkeit, einer beträchtlichen Härte und ziemlichen Federkraft; es ist daher sehr klingend. Beym Reiben und Erhitzen zeigt es einen merklichen und widrigen Geruch. Zum Schmelzen erfordert es eine starke und Weißglühehitze, die man auf 1450° Fahrenh. schätzt. Beym allmählichen Erhitzen unter dem Zutritt der Luft läuft es mit bunten Regenbogenfarben an, und wird endlich mit einem schuppigten Kalke, dem Glühespan, überzogen. In der Glühehitze brennt das Kupfer, wenn die Luft Zugang haben kann, mit einer schönen grünen und blauen Flamme, und einem Rauche, der einen grüngrauen Kalk absetzt. An der Luft verliert das Kupfer bald seinen regulinischen Glanz, und wird, wenn diese feucht ist, auf der Oberfläche mit einem grünen Roste überzogen, der ein luftsaurer Kupferkalk ist. Fast alle Säuren greifen das regulinische Kupfer geradezu an, und geben damit blaue oder grüne Auflösungen.

Zu den merkwürdigsten Producten des Kupfers gehören 1) der Kupfervitriol (vitriolum de cypro, *Sulfate de cuivre* L.), in blauen Krystallen; 2) das salzsaure Kupfer (cuprum muriaticum, *Muriate de cuivre* L.); das bey der Verdünnung mit Wasser eine sympathetische Tinte giebt, wovon die Schriftzüge beym Austrocknen

nen unsichtbar werden und durch Erwärmen wieder gelb zum Vorschein kommen; 3) das Spangrün, der Grünspan (viride aeris, *Oxide de cuivre verde* L.), ein luftsaurer, mit etwas Essigsäure verbundener Kupferkalk, durch Hülfe der Essigsäure gebildet; 4) der krystallisirte Grünspan (viride aeris crystallisatum; *Acetite de cuivre* L.), oder das krystallisirte essigsaure Kupfer; 5) die schön lasurblaue Auflösung des Kupfers in flüchtigem Laugensalze (cuprum ammoniacale; 6) das braunschweigische Grün, ein durch die Salzsäure des Salmiaks gebildeter Kupferkalk.

§. 418. 7) **Eisen** (ferrum, Mars). Kein einziges Metall ist einer solchen Abwechselung seiner Eigenschaften fähig, als das Eisen, dergestalt, daß man mit Recht eigene Arten desselben zu unterscheiden genöthigt wird. Dahin gehören: **geschmeidig Eisen, Roheisen oder Gußeisen, und Stahl.** a) **Geschmeidig Eisen** (ferrum cusum, ductile). Es hat eine graulichweiße Farbe, einen lichtgrauen, glänzenden, faserigten und scharfen Bruch; seine Härte ist nicht viel größer, als die vom Kupfer; es läßt sich kalt und warm strecken und schmieden, und hat eine große Zähigkeit, eine beträchtliche Dehnbarkeit, eine mäßige Federhärte; es ist höchst schwerflüssig, und für sich allein unschmelzbar, außer beym Zutritt der Luft oder zwischen Kohlen, wo es in der anhaltenden Weißglühehitze schmelzt, doch mit Veränderung seiner Eigenschaften. Schon in geringerer Hitze wird das Eisen beym Zutritt der Luft verkalkt. Es läuft erst mit bunten Regenbogenfarben auf der Oberfläche an, verwandelt sich dann in Glühespan oder Hammerschlag, was der unvollkommene Kalk des Eisens ist, und dieser wird zuletzt beym anhaltenden Glühen unter dem Zutritt der Luft zu einem röthlichbraunen vollkommnen Kalk, der auch ohne zu schmelzen durch Calciniren mit brennlichen Dingen

wie

wieder zum unvollkommnen Kalk herzustellen ist; auch an der Luft verwandelt es sich leicht in Rost; endlich gehört es noch zu den charakteristischen Merkmalen des geschmeidigen Eisens, daß es sich schweißen läßt. b) Gußeisen, Roheisen (ferrum crudum). Es läßt sich weder kalt noch warm schmieden oder strecken; wol aber bey einer anhaltenden Weißglühehitze, die man auf 1600 Grad Fahrenh. schätzt, für sich allein schmelzen; seine Farbe ist mehr oder weniger lichtgrau, sein Bruch nicht faserig, sondern mehr oder weniger feinkörnig; seine Härte und Sprödigkeit ausnehmend groß; es hat daher auch einen weit stärkern Klang, als geschmeidig Eisen; es rostet nicht so leicht, als dieses, und setzt nicht so leicht Glühespan ab. Durch öfteres Glühen und Schmieden wird es in ersteres verwandelt. c) Stahl (chalybs). Er ist Eisen, das, wenn es rothwarm glühet, nach dem plötzlichen Ablöschen im kalten Wasser, härter, spröder und unbiegsamer wird, vor dem Härten aber kalt und warm geschmeidig ist, und auch nach dem Härten durch neues Glühen seine Geschmeidigkeit wieder erlangt. Er hat einen weißen lichtgrauen Glanz, einen feinkörnigten Bruch; und ist einer ungemein großen Härte, aber auch auf der andern Seite wieder der Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit des geschmeidigen Eisens fähig. Er ist für sich allein schmelzbar, rostet später als geschmeidig Eisen, früher als Roheisen, und setzt später Glühespan ab, als ersteres; er läuft mit lebhaftern Farben des Regenbogens beym Erwärmen an, als das geschmeidige Eisen. Diese drey Sorten des Eisens scheinen nur durch das Verhältniß des Brennstoffs zum Eisenkalk verschieden zu seyn, das im Roheisen am größesten,

im geschmeidigen Eisen am kleinsten ist, und im Stahl das Mittel hält. Allen dreyen Eisensorten ist es eigenthümlich, nicht nur vom Magnet gezogen zu werden, d. h. retractorisch zu seyn, sondern auch selbst zum Magnet, d. h. attractorisch zu werden. — Das Eisen ist in allen Säuren auflöslich; doch nur dann, wenn es noch nicht vollkommen verkalkt ist. Den vollkommenen Eisenkalk lösen wenige Säuren oder lösen ihn in geringerer Menge auf; daher trüben sich mehrere Eisensolutionen an der Luft, lassen Eisenocher fallen, und verändern ihre grüne Farbe in eine gelbe oder braune.

Es ist vom Eisen zu merken: 1) der Eisenmohr (aethiops martialis, *Oxide de fer noir* L.), oder der unvollkommene Kalk des Eisens, wohin auch der Hammerschlag oder Glühespahn gehört; 2) der vollkommene Eisenkalk (crocus martis, *Oxide de fer jaune* L.), wie z. B. der ausgeglühete Eisenrost; 3) der grüne Eisenvitriol (vitriolum martis, *Sulfate de fer* L.); 4) das Berlinerblau (caeruleum berolinense), oder der Niederschlag des Eisens aus Säuren durch Blutlauge.

§. 419. 8) Zinn (Stannum, Jupiter). Es hat eine glänzend weiße Farbe, die etwas bläulicher ist, als die vom Silber; es ist sehr weich, ziemlich dehnbar, wenig zähe, und von einer sehr geringen Federkraft. Es hat daher auch wenig Klang. Es macht, wenn man es biegt, oder zwischen den Zähnen drückt, ein besonderes Geräusch; und hat, wenn es gerieben oder erhitzt wird, einen eigenthümlichen, etwas widrigen Geruch. Es schmelzt vor dem Glühen, bey dem 420 Gr. Fahrenh., und verwandelt sich dann beym Zugang der Luft in ein graues Pulver, das beym anhaltenden Glühen endlich weißlich wird. Dieser vollkommene Zinnkalk ist höchst strengflüssig, und giebt auch mit verglasungsfähigen Substanzen kein durchsichtiges, sondern ein mattweißes opakes

des Glas, und macht die Basis der weißen Email aus. Wenn das fließende Zinn unter dem Zutritt der Luft bis zum Glühen schnell erhitzt wird, so brennt es endlich mit einer kleinen hellweißen Flamme, und giebt einen weißen Dampf. An der Luft verliert das Zinn seinen regulinischen Glanz, doch weit langsamer, als Bley, und wird auch nicht mit einem eigentlichen Roste überzogen. Alle Säuren greifen das Zinn an; die Auflösungen sind, wenigstens bey einiger Verdünnung, ungefärbt.

Wir merken: 1) die Zinnasche (cinis stanni. *Oxide d'etain gris* L.), oder den vollkommenen Zinnkalk. 2) Libavs rauchenden Spiritus und die Zinnbutter (*liquor fumans Libavii; butyrum stanni. Muriate d'etain fumant* und *concret* L.), eigentlich die concentrirte Verbindung der Salzsäure mit dem vollkommenen Zinnkalke. 3) Die Composition der Färber, oder die Auflösung des Zinns in Königswasser.

§. 419. 9) Zink (Zincum). Ein bläulicht-weißes Metall, das zwischen dem spröden und dehnbaren das Mittel hält, oder halbgeschmeidig ist, und auf dem Bruche eine krystallinische Fügung nicht undeutlich zeigt. Er schmelzt kurz vor dem Glühen, und brennt endlich beym Glühen unter dem Zutritt der Luft mit einer außerordentlich hellen und blendenden Flamme, aus der sich ein sehr lockerer und ungemein weißer Kalk erhebt, der im Feuer sehr beständig ist. An der Luft leidet der Zink nur wenig Veränderung; er verliert seinen metallischen Glanz nur langsam, ohne eigentlich zu rosten. Beym Ausschluß der Luft ist er in der Glühehitze flüchtig und läßt sich unzersetzt auftreiben. Er löst sich in allen Säuren auf, und giebt damit ungefärbte Auflösungen.

Von seinen Producten nenne ich nur 1) die Zinkblumen (flores Zinci. *Oxide de Zinc sublimé* L.), oder den vollkommenen Kalk des Zinks, und 2) den weissen Zinkvitriol (vitriolum Zinci. *Sulfate de Zinc* L.).

§. 420. 10) Wismuth (Bismuthum). Ein röthlich weißes sehr sprödes Metall, das ein blätteriges Gefüge hat, ziemlich hart ist, noch vor dem Glühen schmelzt, bey 460 Gr. Fahrenh., beym Glühen unter dem Zutritt der Luft dampft und brennt, und sich beym Ausschluß der Luft in der Hitze unzersetzt in die Höhe treiben läßt. Beym Schmelzen vor dem Glühen verwandelt er sich unter dem Zutritt der Luft leicht in einen gelb bräunlichen Kalk, der beym Schmelzen in ein gelbes durchsichtiges Glas übergeht. Das wirksamste Auflösungsmittel für ihn ist die Salpetersäure. Die Auflösungen desselben sind ungefärbt, und die Niederschläge daraus weiß.

Ich merke bloß den Wismuthkalk, das Schminkweiß (calx bismuthi. *Oxide de bismuth blanc* L.), oder den Niederschlag desselben aus der Auflösung in Salpetersäure durch bloßes Wasser.

§. 421. 11) Nickelmetall (regulus Niccoli). Es hat eine lichtgrauweiße Farbe; ist etwas streckbar, und sehr fest; hat einen körnigen Bruch, keinen Geruch und Geschmack; wird vom Magnet gezogen; ist sehr strengflüssig, und schmelzt erst bey einer Hitze, wobey Eisen fließt; er ist sehr feuerbeständig, und verwandelt sich schwer in einen schönen hellgrünen Kalk, der mit dem Boraxe zu einem hyacinthfarbenen Glase schmelzt. Die Auflösungen des Nickelmetalls in Säuren sehen grün aus, wie die des Kupfers, und das flüchtige Laugensalz liefert mit dem Nickelkalke auch eine blaue Auflösung.

§. 422.

§. 422. 12) **Arsenikmetall** (regulus arsenici). Ein sehr sprödes Metall, von einer Bleyfarbe auf dem frischen Bruch, und von einer beträchtlichen Härte. An der Luft verliert es sehr bald seinen metallischen Glanz und wird unscheinbar und schwarz. Im Feuer ist es flüchtig, und läßt sich beym Ausschluß der Luft unzersetzt in die Höhe treiben. Unter dem Zutritt der Luft verkalkt es sich leicht, und entzündet sich mit einer weißlich bläulichen Flamme, die einen sehr weißen dicken Rauch von einem eigenen knoblauchsartigen Geruche verbreitet, der sich als ein weißlicher Kalk ansetzt, und selbst noch flüchtig ist (weißer Arsenik), weil er noch Brennbares enthält. Dieser Kalk zeigt eine salzigte-säuerliche Natur, und wird zu einer völligen Säure, wenn er durch Hülfe der Salpetersäure ganz dephlogistisirt worden ist. (Arseniksäure §. 361). Die Verbindungen des Arsenikmetalles mit Säuren sind ungefärbt.

Von den Producten des Arseniks sind hier anzuführen: 1) weißer Arsenik (arsenicum album, *Oxide d' arsenic blanc*), der unvollkommene, oder noch phlogistisirte Kalk des Arsenikmetalles, der durch eine Sublimation gewonnen wird; 2) Arseniksäure, (acidum arsenici, *Acide arsenique* L.) der vollkommene Kalk des Arsenikmetalles. (§. 361.).

§. 423. 13) **Kobaltmetall** (cobaltum, regulus cobalti). Seine Farbe ist weiß, fällt aber etwas ins Graulichblaue, sein Bruch ist feinkörnigt; es ist spröde und zerfällt unter dem Hammer; doch zeigt es im Zustande der größesten Reinigkeit Ductilität. Es ist sehr strengflüssig, und braucht zum Schmelzen eine Hitze, wobey Kupfer fließt; nach dem langsamen Erkalten zeigt es auf seiner Oberfläche eine netzförmige Bildung. Es ist feuerbeständig. Es ver-

liert seinen Brennstoff schon vor dem Schmelzen durch anhaltendes Glühen und Rösten, wie das Eisen, beym Zugange der Luft. Der Kalk des Kobaltmetalles ist schwärzlich; beygemischter Arsenik macht ihn röthlich oder braun. Dieser Kalk ist für sich sehr schwer zu schmelzen; durch das Schmelzen aber geht er in ein Glas über, das so dunkelblau ist, daß man es schwarz nennen könnte; mit anderm Glase verdünnt, wird es aber schön blau. Die Auflösungen des Kobalts in Säuren sehen röthlich aus. Das Kobaltmetall zeigt Magnetismus.

Ich nenne von den Producten dieses Metalles: 1) die Zaffer oder den Saflor, der geröstete Kobaltkalk, der mit zart gepulvertem Sande oder Kiesel vermengt ist; 2) die Smalte oder blaue Stärke, das durch Kobaltkalk blau tingirte und fein gemahlene Glas; 3) der Kobaltvitriol (vitriolum cobalti, cobaltum vitriolatum, *Sulfate de cobalt* L.) in schönen rothen Krystallen; 4) **Hellots** sympathetische Tinte, die man so verfertigt, daß man einen Theil Kobaltmetall, oder auch den gerösteten Kalk davon in drey Theilen Scheidewasser durch Digestion auflöst, die Auflösung mit 24 Theilen Wasser verdünnt, durchseihet, einen Theil Kochsalz zusetzt, und nach dem Auflösen wieder durchseihet. Die Schriftzüge damit verschwinden in der mäßigen Temperatur und in der Kälte auf dem Papier; kommen aber beym Erwärmen des Papiers schön grün wieder zum Vorschein, verschwinden wieder beym Erkalten, und so fort. Das Wesentliche der Tinte ist küchensalzsaurer Kobalt. 5) **Ilsemanns** blaue sympathetische Tinte. Man kocht Einen Theil reinen Kobaltkalk in 16 Theilen destillirten Weinessig in einem Glaskolben im Sandbade, bis etwa vier Theile Essig übrig bleiben; seihet die Auflösung durch, die rosenroth aussehen muß; dann läßt man sie noch um die Hälfte verdampfen, setzt den vierten Theil des angewandten Kobalts an Küchensalz zu, und läßt es zusammen in der Wärme auflösen. Die damit gemachten Schriftzüge verschwinden in der Kälte, kommen aber in der Wärme schön blau zum Vorschein, und verschwinden wieder in der Kälte.

§. 424. 14) Spießglanzmetall (stibium, regulus antimonii). Es hat eine weiße Farbe, ist mäßig hart, und so spröde, daß es sich leicht pulvern läßt. Es hat ein grobstrahligtes Gefüge, und nimmt nach dem Schmelzen und ruhigen Erkalten auf der Oberfläche eine sternförmige Bildung an. An der Luft verliert es nur wenig von seinem Glanze und rostet nicht eigentlich. Es besitzt weder Geruch, noch Geschmack. Es schmelzt bey dem Glühen in einer Hitze, die man auf 810 Gr. Fahrenh. schätzt. In der Weißglühehitze läßt es sich in verschlossenen Gefäßen in die Höhe treiben; beym Zutritt der Luft hingegen verwandelt es sich in einen weißen Rauch, der sich in Gestalt weißer glänzender Nadeln anlegt, die einen unvollkommenen Kalk des Spießglanzmetalles vorstellen und daher auch noch flüchtig sind. Der vollkommene Kalk, der auch weiß aussieht, ist feuerbeständig, und höchst strengflüssig. Die Auflösungen des Spießglanzmetalles in Säuren sind ungefärbt.

Von den zahlreichen Zubereitungen des Spießglanzmetalles merke ich nur: 1) das Glas vom Spießglanze (vitrum antimonii, *Oxide d' antimoine sulfureux vitreux* L.), den geschmolzenen und mit etwas Schwefel verbundenen unvollkommenen Spießglaskalk; 2) das schweißtreibende Spießglas (antimonium diaphoreticum), oder den vollkommenen Kalk des Spießglanzmetalles; 3) die Spießglanzbutter (butyrum antimonii, *Muriate d' antimoine fumant* L.), oder die concentrirte Verbindung des Spießglanzkalkes in Küchensalzsäure; 4) den Brechweinstein (tartarus emeticus), die Verbindung des Weinsteines mit unvollkommenem Spießglaskalke.

§. 425. 15) Braunsteinmetall (magnesium). Es ist weiß von Farbe, hart und spröde, von einem körnigen Bruche, sehr strengflüssig und schmelzt später, als Roheisen. Auch ohne zu schmelzen wird es im

Feuer

Feuer leicht verkalkt und in ein schwarzes Pulver verwandelt; dies geschiehet auch in der Luft. Dieser Kalk ist äußerst feuerbeständig. Die Auflösungen des reinen Braunsteinmetalles in Säuren sind farbenlos.

Ich zeige von dem Braunsteinmetall an: 1) den rohen Braunstein, (magnesia nigra, calx magnesii, *Oxide de manganese* L.) der der natürliche und vollkommene Kalk des Braunsteinmetalles ist, und eine beträchtliche Menge Krystallisationswasser enthält, das er erst beym Glühen als Lebensluft fahren läßt; weswegen man ihn auch zur Bereitung der letztern vorzüglich anwendet. 2) Das mineralische Chamäleon. Man nimmt dazu drey Theile Salpeter und einen Theil Braunstein, reibt beide sehr fein zusammen, und erhält das Gemenge in einem Tiegel so lange glühend, bis die Masse nicht mehr schmilzt, sondern ein trockenes erdigtes Ansehen erhält; worauf man sie in einem gut verstopften Glase aufbewahren muß. Wenn man etwas von dem Pulver in ein Glas mit Brunnenwasser wirft, so wird das Wasser grün, dann violett, hierauf röthlich und zuletzt entfärbt es sich ganz, und der Braunstein fällt in seiner natürlichen Farbe zu Boden.

§. 426. 16) Molybdänmetall (Scheelium). Es ist in dem Wasserbley (molybdaena) mit etwas Schwefel vereiniget. Sein Kalk zeigt eine saure Natur, und ist oben (§. 362.) unter dem Namen der Wasserbleysäure aufgeführt worden. Die Fällung dieses Kalks aus Säuren durch Blutlauge, die Kraft desselben, das Glas zu färben, und die Fähigkeit, mit Beyhülfe von brennbaren Reductionsmitteln mit andern Metallen eine Vereinigung einzugehen, setzen seine metallische Natur außer Zweifel, ob man gleich diesen Kalk für sich noch nicht zu einem maßiven Regulus hat zusammenschmelzen können, woran hauptsächlich die Flüchtigkeit des Kalkes schuld ist.

Von

Von den Producten aus Molybdänmetall erwähne ich blos des blauen Carmins. (J. B. Richter über die neuern Gegenstände der Chemie. St. II. Bresl. u. d. Hirschberg 1792. 8. S. 97.)

§. 427. 17) **Wolframmetall** (Wolframium). Die metallische Substanz, die einen Bestandtheil des **Tungsteins** oder **Schwersteins** und des **Wolframs** ausmacht. Der Kalk dieses Metalles ist gelb von Farbe, und hat Eigenschaften einer Säure; daher ist er schon oben (§. 363.) unter dem Namen der **Wolframsäure** erwähnt worden. Die Reduction des reinen Kalkes zu einem massiven Regulus ist bis jezt noch zweifelhaft, obgleich andere Eigenschaften desselben seine metallische Natur außer Zweifel setzen.

§. 428. 18) **Uranium**. Dies Metall ist erst von Hrn. **Klaproth** entdeckt worden, und sein Kalk macht einen Bestandtheil in der sogenannten Pechblende und dem grünen Glimmer. Dieser Kalk hat eine gelbe Farbe, und liefert mit der Salpetersäure zeisiggrüne Krystalle. Seine Eigenschaft, aus den Säuren durch Blutlauge gefällt zu werden, und das Glas zu färben, beweisen seine metallische Natur. Einen massiven Regulus konnte Hr. **Klaproth** aus dem Kalke durch Reduction nicht erhalten; der, welchen Hr. **Richter** erhielt, scheint doch vom phosphorsauren Eisen nicht frey gewesen zu seyn.

Chemische Untersuchung des Uranits, einer neu entdeckten metallischen Substanz, vom Hrn. Prof. Klaproth; in Crells chem. Annalen. 1789. B. II. S. 387. ff. J. B. Richter über die neuern Gegenstände der Chemie, vorzüglich das neu entdeckte Halbmetall Uranium. Bresl. und Hirschberg. 1791. S. 1. ff.

Erd-

Erdharze.

§. 429. Erdharze (Bitumina) nenne ich diejenigen entzündlichen mineralischen Substanzen, die bey ihrer Destillation eine öhligte Flüssigkeit geben. Ich unterscheide sie dadurch vom Schwefel, von dem sie, wie von allen andern mineralischen Substanzen, durch eine scharfe Gränzlinie abgesondert stehen. Ihre Mischung, so wie mehrere ihre Lagerstätte begleitende Umstände zeigen offenbar ihren organischen Ursprung an. Als Gattungen derselben unterscheidet man 1) Naphtha, 2) Erdöhl, 3) Erdpech, 4) Steinkohle, 5) Kohlenblende, 6) bituminöses Holz, und 7) Bernstein. Der Honigstein scheint nicht hieher zu gehören.

§. 430. 1) Die Naptha, oder der Bergbalsam, ist das flüchtigste und entzündlichste Erdharz. Sie verdunstet leicht, läßt sich mit Wasser ganz überdestilliren, hat einen starken und durchdringenden Geruch, eine weißgelbliche Farbe, brennt mit einer rußigten Flamme, löst sich nicht im Wasser und nicht im Weingeiste auf, und scheint ihrer Entstehung nach ein, durch unterirdische Hitze aus andern festen Erdharzen erzeugtes, feineres empyreumatisches Oehl zu seyn. Brennstoff, Wasser, Luftsäure, und wahrscheinlich eine andere Säure, deren Natur noch nicht bestimmt ist, machen ihre Mischung aus.

§. 431. 2) Das Bergöhl, Steinöhl, Erdöhl, (Petroleum) zeigt fast dieselbigen Eigenschaften, als das vorige Erdharz, nur daß es unangenehmer vom Geruch, minder flüchtig, und minder entzündlich ist, ob es sich gleich, zumal nach der Erwärmung,

leicht

leicht genug anzünden läßt. Es brennt auch mit einer rußigten Flamme, und ist weder im Wasser, noch im Weingeiste auflösbar. Es hat dieselben Bestandtheile, als die Naphtha, und scheint ein durch etwas stärkere Hitze erhobenes empyreumatisches Oehl anderer Erdharze zu seyn.

§. 432. 3) Vom Erdpech unterscheidet man zähes oder Bergtheer (Cedria terrestris, Malta), erdiges, und schlackiges oder Asphalt (Judenpech). Alle diese Arten zeigen einen starken Geruch, zumal beym Reiben oder Erhitzen, und brennen mit einer starken und rußigten Flamme. Brennstoff, Luftsäure und eine eigene Säure, die sehr wahrscheinlich Bernsteinsäure ist, nebst etwas Wasser, sind ihre Bestandtheile.

§. 433. 4) Steinkohle (lithanthrax, carbo fossilis). Man unterscheidet davon mehrere Arten, als Pechkohle, Glanzkohle, Schieferkohle, Blätterkohle und Grobkohle. Sie verbrennen mit Flamme, Rauch und Ruß, unter einem unangenehmen Geruch, der aber bey reinen Kohlen keinesweges schwefligt ist. Durch das sogenannte Abschwefeln derselben, was im Grunde eine Art von trockner Destillation derselben ist, werden sie erst eigentlich verkohlt. Wasser, Weingeist und Oehle zeigen keine auflösende Kräfte auf die Steinkohlen, und mit Unrecht nimmt man in ihnen ein Harz als Bestandtheil an. Brennstoff, Luftsäure, flüchtiges Laugensalz, Säure, Thonerde und Eisen machen ihre Bestandtheile aus.

§. 434. 5) Kohlenblende. Mit Unrecht nannte man diese Substanz auch unverbrennliche Steinkohle. Sie ist allerdings verbrennlich, aber bey

wei-

weitem nicht so leicht, als gemeine Steinkohle. Ihre Entzündlichkeit zeigt sich am besten durchs Verpuffen mit Salpeter. In Ansehung ihrer Mischung, besonders was ihre flüchtigen Bestandtheile betrifft, herrscht noch einige Ungewißheit. Brennstoff, Wasser, Luftsäure, Kieselerde, Thonerde, Kalkerde und Eisen sind als Bestandtheile darin entdeckt worden.

Chemische Untersuchung des Liebschwitzer steinkohlenähnlichen Fossils, von Hrn. Wiegleb, in Crells chem. Annalen 1790. B. II. S. 29. ff.

§. 435. 6) **Bituminöses Holz** (Spillaxylon). Man unterscheidet vollkommen bituminöses Holz und bituminöse Holzerde (Erdkohle). Es ist Holz, dessen Harz entweder in Erdharz übergegangen, oder das mit Erdharz durchdrungen worden ist.

Noch gehören hieher der bituminöse Alaunschiefer, der bituminöse Mergelschiefer, und der Torf.

§. 436. 7) **Bernstein** (Succinum, Electrum). Ein Erdharz, das mit einem angenehmen Geruch verbrennt, einen glasigen Bruch besitzt, durchsichtig, durchscheinend, oder auch ganz undurchsichtig ist, sich schleifen und poliren, aber sonst leicht zerreiben läßt, und spröde ist. Seine Farbe geht von der braungelben bis zur weißen über. Er enthält oft Stückchen von Holz, Blätter, Moos, Landinsecten, und Luftblasen in sich, und dies sowohl als seine Zergliederung macht seinen vegetabilischen Ursprung sehr wahrscheinlich. Er läßt sich nicht schmelzen, ohne in seiner Mischung gar sehr verändert zu werden. Er verbrennt mit Flamme, mit Rauch und mit Ruß. Brennstoff, Luftsäure, Wasser, und eine eigene Säure, die oben (§. 364.) unter dem Namen der Bernsteinsäure aufgeführt ist, die aber selbst noch zusammen-

mengesetzter Natur ist, machen seine Mischung aus. Die milden und ätherischen Oehle lösen ihn nur erst dann vollkommen auf, wenn er durchs Rösten einen Theil seiner Säure verlohren hat.

* * *

§. 437. Der **Schwefel** (Sulphur) ist ein fester, geschmackloser Körper, von einer blaßgelben Farbe, der sich nicht im Wasser, wohl aber in Oehlen auflösen läßt, in der Temperatur der Luft an derselben keiner Veränderung unterworfen ist, in mäßiger Hitze schmelzt, dabey aber in verschlossenen Gefäßen nicht zersetzt wird, sondern sich in die Höhe treiben läßt, beym Zutritt der Luft aber sich mit einer bläulichen Flamme entzündet, und mit einem erstickenden sauren Geruche verbrennt, ohne Rückstand zu hinterlassen. Die Bestandtheile dieser merkwürdigen Materie sind bloß brennbares Wesen und Vitriolsäure.

Nach Hrn. Lavoisier ist der Schwefel (*souffre*) einfach, und wird zur Vitriolsäure (*acide sulfurique*), wenn sich der Sauerstoff (*Oxygene*) damit in gehöriger Menge verbindet.

§. 438. Die feuerbeständigen reinen Alkalien lösen den Schwefel beym Schmelzen leicht auf, und geben damit eine, nun auch im Wasser auflösbare, Masse, die den Namen **Schwefelleber** (hepar sulphuris) führt. Auch auf nassem Wege lösen sie den Schwefel durch Hülfe der Hitze leicht auf. Das flüchtige ätzende Alkali, imgleichen die Kalkerde und Schwererde geben auch mit dem Schwefel Schwefelleberarten.

Man hat also: 1) Schwefelleber aus Gewächsalkali (alcali vegetabile sulphuratum, *Sulfure de potasse* L.) 2) Schwefelleber aus Mineralalkali (alcali minerale sul-

sulphuratum, *Sulfure de Soude* L.). 3) Schwefelleber aus flüchtigem Alkali, Beguins rauchender Geist, flüchtige Schwefelleber (alcali volatile sulphuratum, *Sulfure d' ammoniaque* L.). 4) Schwefelleber aus Kalkerden, Kalkleber, kalkerdigte Schwefelleber (Calx sulphurata, *Sulfure de chaux* L.). 5) Schwefelleber aus Schwererde (terra ponderosa sulphurata, *Sulfure de baryte* L.).

§. 439. An der respirabeln Luft verwittert die Schwefelleber, und verwandelt sich mit der Zeit in ein vitriolisches Neutral= oder Mittelsalz. Der Brennstoff ihres Schwefels tritt nemlich an die respirable Luft, während das Laugensalz oder die Erde die Vitriolsäure des Schwefels anzieht. Bey der Auflösung der trockenen Schwefelleber im Wasser entwickelt sich ein sehr starker unangenehmer Geruch, der noch stärker wird, wenn man eine Säure zusetzt. Es entwickelt sich hierbey eine eigene Luftart (Schwefellebergas), und die Schwefelleber wird durch die Säure zersetzt, die sich mit dem Laugensalze oder der Erde der Schwefelleber verbindet, worauf der Schwefel als ein weißliches Pulver niederfällt (Schwefelmilch).

§. 440. Auch mit den Metallen verbindet sich der Schwefel beym Zusammenschmelzen, wenn man dabey das Abbrennen des Schwefels verhütet; nur Gold, Platina und Zink löst er nicht auf. Diese Schwefelmetalle (*Sulfures metalliques* L.) haben nicht mehr die Eigenschaften reiner Metalle. In allen aber ist der Schwefel nicht mit dem Metallkalke, sondern mit dem regulinischen Metalle verbunden.

Beyspiele dieser Schwefelmetalle giebt uns:

1) Der Schwefelkies (Pyrites), die natürliche Verbindung des Schwefels und Eisens mit oder ohne Kupfer.

2) Der

2) Der Zinnober (Cinnabaris), die künstliche oder natürliche Verbindung des Quecksilbers mit Schwefel.

3) Das Operment (Auripigmentum), die natürliche Verbindung des Arsenikmetalles mit Schwefel.

4) Der gelbe und rothe Arsenik, die künstliche Verbindung des Arsenikmetalles mit Schwefel.

5) Das Musivgold, die künstliche Verbindung des Zinns mit Schwefel.

§. 441. Wenn man eine Auflösung der Schwefelleber in Wasser zu der Auflösung eines Metalles in einer Säure schüttet, so vereiniget sich durch eine doppelte Wahlverwandtschaft das Metall mit dem Schwefel, während das Laugensalz oder die Erde der Schwefelleber an die Säure tritt.

Hierher gehört die Weinprobe, um das Daseyn des Bleyes in Wein zu entdecken. Man nimmt zwey Loth ungelöschten Kalk und ein Loth fein geriebenes Operment, überschüttet es in einem zugestopften Glase mit 32 Loth Wasser, digerirt es unter öfterm Umschütteln, gießt dann die Flüssigkeit klar ab, und hebt sie in einem wohlverstopften, ganz angefüllten Glase auf. Sie ist die Auflösung der kalkerdigten Schwefelleber, die noch Arsenikmetall enthält, was an sich zur Weinprobe nichts beyträgt. Tröpfelt man nun von dieser Flüssigkeit zu bleyhaltigem Weine, so entsteht ein schwarzbrauner Niederschlag aus der Verbindung des Schwefels mit dem Bley, während sich die Säure des Weines mit der Kalkerde verbindet. Allein auch andere Metalle werden dadurch aus dem Weine gefällt, und die Probe ist also nicht untrüglich. Hrn. Hahnemanns Weinprobe ist nicht untrüglicher.

§. 442. Eigene Gattungen brennbarer Mineralien machen noch der Diamant und das Reißbley aus. Die äußern Eigenschaften des Diamanten bestimmten die Naturforscher ehemals, ihn zu den Steinen zu rechnen, und in die Klasse der Erdarten zu versetzen. Schon ältere Versuche, die der Großherzog von Toscana, Cosmus der dritte, 1694 und 1695 anstellen ließ, zeigten indessen seine Verflüch-

flüchtigung im Feuer, und neuere, besonders in Frankreich, seit 1768 gemachte Erfahrungen beweisen, daß er nicht nur in der Hitze flüchtig, sondern auch verbrennlich sey. Seine Mischung ist indessen noch unbekannt.

§. 443. Das Reißbley, der Graphit (Plumbago) muß nicht mit dem Wasserbley verwechselt werden. Es erleidet in verschlossenen Gefäßen keine Veränderung, wird aber bey anhaltendem Glühen unter dem Zutritt der Luft ganz, obgleich langsam, zerstört. Luft, Wasser und Oehle wirken nicht darauf. Die reinen feuerbeständigen Laugensalze zerlegen es aber in der Schmelzhitze und werden dadurch luftsauer. Der Salpeter verpufft damit im Glühen lebhaft. Seine Bestandtheile sind Luftsäure und Brennbares, nebst etwas Eisen.

Zweytes Hauptstück.

Bestandtheile der Pflanzenkörper.

§. 444.

In den organischen Körpern sind mehrere einfache Stoffe höchst mannigfaltig unter einander verbunden, und diese bringen durch ihre Vereinigung Zusammensetzungen hervor, die als solche darin präexistiren. Ich nenne diese natürlichen Gemische nähere Bestandtheile der organischen Körper. Sie bestehen oft aus einerley einfachern Bestandtheilen, die nur dadurch, daß sie in verschiedenen Verhältnissen vereiniget sind, Verschiedenheit der Natur zeigen. Wir wollen hier erst diese nähern Bestandtheile der

Pflan=

Pflanzenkörper betrachten, wobey ich ihre Mischung, oder ihre einfachern Bestandtheile, so weit solche bekannt sind, unter dem Text mit angehen werde; und dann nachher die Producte, die sie bey ihrer Zerlegung im Feuer geben, folgen lassen.

Nähere Bestandtheile der Pflanzenkörper.

§. 445. Zu den nähern Bestandtheilen (§. 444.) der Körper des Pflanzenreichs rechne ich: 1) Schleim oder Gummi, 2) Harz, 3) Kleber, 4) stärkeartigen Theil, 5) Zucker, 6) Weinsteinsäure, 7) Sauerkleesalzsäure, 8) Citronensäure, 9) Apfelsäure, 10) Essigsäure, 11) Benzoesäure, 12) zusammenziehenden Stoff, 13) fettes Oehl, 14) ätherisches Oehl, 15) Kampher, 16) scharfen Stoff und 17) narcotischen Stoff.

§. 446. 1) Der Schleim (mucilago), das Gummi, löst sich im kalten und heißen Wasser, aber nicht im Weingeiste und in ätherischen Oehlen auf, er ertheilt dem Wasser Viscosität, ohne erheblichen Geschmack, ist im reinen Zustande, nach dem Austrocknen durchsichtig, geruchlos, in der Wärme nicht zergehend, spröde und zerreiblich. Er ist ein vorzüglicher Bestandtheil aller und jeder Pflanzen und ihrer Theile; nur läßt er sich nicht aus allen, wegen der zu gleicher Zeit darin befindlichen und auch in dem Wasser auflösbaren, andern Bestandtheile, gleich rein darstellen. Aus einigen Gewächsen quellt dieser Schleim auch von selbst aus.

Die Bestandtheile des Schleimes sind: Brennstoff, Luftsäure, und Wasser, nebst etwas Kalkerde, Phosphorsäure und Gewachsalkali; doch scheinen die drey letztern außerwesentlich zu seyn.

Nach

Nach Hrn. Lavoisier besteht der Schleim aus Wasserstoff (Hydrogene), Kohlenstoff (carbone), und Sauerstoff (oxygene).

§. 447. 2) Das **Harz** (Resina) ist im Weingeiste und ätherischen Oehle, aber nicht im Wasser auflösbar, zergeht in der Wärme und wird flüssig, läßt sich an der Flamme leicht entzünden, brennt mit einer rußigten Flamme, und hinterläßt eine Kohle nach dem Abbrennen. Verschiedene Gewächse lassen das Harz entweder durch gemachte Einschnitte, oder auch, zumal im Alter, von selbst hervorquellen. Gewöhnlich sind diese natürlichen Harze mit ätherischem Oehl verbunden und dadurch verdünnt; sie haben davon Geruch und flüssige Consistenz, und heißen **natürliche Balsame**. Erst nach dem völligen Verdunsten des Oehls bleibt das reine Harz zurück. Die **Gummiharze** (Gummi resinae) lösen sich weder im Weingeiste noch im Wasser vollkommen auf.

Beyspiele von Harzen giebt der Mastix, das Wachholderharz oder der Sandarac, der Weihrauch (Olibanum); und von natürlichen Balsamen der Terpenthin, von welchem nach Abscheidung seines ätherischen Oehls (des Terpenthinöhls) das Geigenharz (Colophonium) übrig bleibt.

Die Bestandtheile des Harzes sind Brennstoff, Luftsäure, und Wasser; nur ist der Brennstoff darin in einem weit größern Verhältniß als im Schleime. Nach Hr. Lavoisier besteht das Harz aus Wasserstoff, Kohlenstoff, und Sauerstoff.

§. 448. Eine Materie eigener Art macht das **Federharz** (Gummi elasticum, Caoutchouc) aus. Es löst sich weder im Wasser, noch im Weingeiste auf, wohl aber durch Hülfe der Wärme in fetten und ätherischen Oehlen, und auch im Aether. In der Hitze läßt es sich, wie die Harze, erweichen,

und

und fließt endlich zu einer schwärzlichen Masse, nimmt aber nach dem Erkalten die Federkraft nicht wieder an. Es brennt auch in der Flamme eines Lichts.

§. 449. Die Saamen der Getraidearten geben durchs Zermalmen und Durchbeuteln das bekannte Mehl, das sich auch aus einigen andern Theilen der Pflanzen, wie aus einigen Wurzeln und Früchten, obwohl nicht in gleicher Reinigkeit, darstellen läßt. Im heißen Wasser löst sich das Mehl beynahe völlig auf, und läßt sich damit zu einer etwas viscösen Flüssigkeit verdünnen, die sehr viele Aehnlichkeit mit dem Pflanzenschleime hat. Im kalten Wasser hingegen löst es sich nicht auf, und giebt damit keine durchsichtige Flüssigkeit. Wenn man Mehl, vorzüglich Weizenmehl, mit kaltem Wasser erst zu einem festen Brey knetet, und diesen zwischen den Händen durch darauf fließendes kaltes Wasser so lange wäscht, bis das Spühlwasser nicht mehr milchigt und trübe, sondern klar und helle abfließt, so bleibt eine graue, zähe, contractile, glänzende, weiche Masse übrig, die sich im Wasser, im Weingeiste und in Oehlen nicht auflösen läßt, in der Wärme zu einer halbdurchsichtigen, hornartigen Materie austrocknet, am Feuer unter einem hornartigen Geruche verbrennt, und mit Wasser angefeuchtet in Fäulniß übergeht. Concentrirte Säuren und ätzende Alkalien lösen sie auf, doch letztere nur in der Hitze. Diese Materie heißt 3) der Kleber (Colla). Sie ist dem käsigten Theile der Milch, oder noch mehr dem faserartigen Theile im Blute analog; und macht in Verbindung mit den übrigen nähern Bestandtheilen des Mehls den vorzüglichsten nährenden Stoff darin aus. Im Weizenmehle ist dieser Kleber am häu-

halten; und andere Mehlarten sind desto weniger nährend, je geringer das Verhältniß desselben darin zu den übrigen Bestandtheilen ist.

Der Kleber ist zusammengesetzt aus Brennstoff, Luftsäure, flüchtigem Laugensalze, Phosphorsäure, Kalkerde und Wasser, nach dem Lavoisierschen System besteht er aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Phosphor, Stickstoff (Azote), Sauerstoff und Kalkerde.

§. 450. Der andere und vorwaltende Grundtheil des Mehls ist 4) die Stärke (Amylum). Sie sondert sich aus dem zur Darstellung des Klebers (§. 449.) gebrauchten Spühlwasser durch die Ruhe, als ein weißer lockerer Bodensatz, ab, der nach dem Trocknen unschmackhaft und geruchlos ist, sich im kalten Wasser, im Weingeiste und in Oehlen nicht auflöst, wohl aber im heißen Wasser. Sie ist kein Schleim, ob sie sich gleich demselben in der Mischung nähert. Sie läßt sich auch aus mehrern frischen Wurzeln und mehligten Früchten durch Zerreiben derselben mit kaltem Wasser scheiden. — Das Spühlwasser, das zur Absonderung der Stärke vom Weizenmehl gebraucht worden ist, und aus dem sich die Stärke zu Boden gesetzt hat, läßt nach dem Abdunsten noch einen schleimigt zuckerartigen Bestandtheil zurück, der den geringsten Antheil im Mehle ausmacht.

Die Bestandtheile der Stärke sind Brennstoff, Luftsäure, und Wasser; der erstere ist darin in einem geringern Verhältniß, als im Harze; scheint aber in einem größern zu seyn, als im Schleime. Nach dem System des Hrn. Lavoisier besteht die Stärke aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff.

§. 451. 5) Der Zucker (Saccharum) macht ein eigenes, wesentliches Salz der Pflanzen aus, das

ei-

eine besondere Gattung der zusammengesetzten Salze (§. 353.) ausmacht. Unser gewöhnlicher Zucker wird aus dem Safte des Zuckerrohrs durchs Abrauchen erhalten, und stellt nach der völligen Reinigung von andern Theilen ein festes, weißes Salz dar, von einem süßen Geschmack, das sich im Wasser leicht, und auch im Weingeiste auflöst, und sich auch in regelmäßiger Gestalt krystallisiren läßt, wie der Candiszucker beweist. Er macht die Lackmustinctur nicht roth, das Curcumapapier nicht braun. Auf glühenden Kohlen verbrennt stößt er einen stechend säuerlichen Dampf aus, verpufft mit Salpeter, und geht nach der Verdünnung mit Wasser in die weinigte und endlich in die Essiggährung über. Der Zucker ist in dem Pflanzenreiche ziemlich häufig verbreitet, und ein und derselbe Bestandtheil in allen süßschmeckenden Früchten und Pflanzen; nur läßt er sich freylich wegen der übrigen schleimigten und auszugartigen Theile nicht aus allen gleich rein, und noch weniger vortheilhaft darstellen.

Der Zucker besteht aus Brennstoff, Luftsäure, und Wasser; der erstere scheint darin in einem geringern Verhältnisse zu seyn, als im Schleime. Nach dem Lavoisierschen System ist er aus Wasserstoff, Kohlenstoff, und Sauerstoff zusammengesetzt.

§. 452. 6) Die Weinsteinsäure (Acidum tartari) ist ein Bestandtheil des Weinsteins (Tartarus), eines wesentlichen Pflanzensalzes, das sich aus dem Moste, zumal aus herbem, bey der Weingährung scheidet; und worin sie mit dem Gewächsalkali verbunden, aber noch nicht gesättigt ist, so daß auch der Weinstein deswegen als ein säuerliches Salz erscheint. Sonst ist sie aber auch noch in einigen

sauren Früchten, wie z. B. in den Tamarinden, in den Beeren des Gerberbaums, enthalten. Man scheidet sie aus dem Weinsteine dadurch, daß man die in ihm befindliche und überschüssige Säure mit luftsaurer Kalkerde sättigt, und aus dieser weinsteinsauren Kalkerde wieder die Weinsteinsäure durch Hülfe der Vitriolsäure trennt, die mit der Kalkerde zum Gyps zusammentritt. Die Weinsteinsäure schießt in blätterförmigen Krystallen an, die an der Luft beständig sind, in der Hitze zersetzt werden, und eine Kohle zurücklassen, und im Feuer verbrennen.

Die Weinsteinsäure besteht aus Brennstoff, Luftsäure und etwas Wasser, und zwar ist das erstere darin in einem geringern Verhältniß, als im Zucker; denn dieser verwandelt sich durch gehörige Dephlogistisirung in Weinsteinsäure. Nach Hrn. Lavoisier besteht die Weinsteinsäure (*Acide tartareux*) aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff.

§. 453. Die Weinsteinsäure liefert eigene Neutral- und Mittelsalze mit den Alkalien und Erden. Nemlich

1) mit Gewächsalkali: tartarisirtem Weinstein (Tartarus tartarisatus. *Tartrite de Potasse* L.)

2) mit Mineralalkali: weinsteinsaures Mineralalkali (alcali minerale tartarisatum. *Tartrite de Soude* L.)

3) mit flüchtigem Alkali: Weinsteinsalmiak (alcali volatile tartarisatum. *Tartrite d' ammoniaque* L.)

4) mit Kalkerde: Weinsteinselenit (calx tartarisata. *Tartrite de chaux* L.)

u. s. w.

Von

Von diesen weinsteinsauren Doppelsalzen sind die mit Weinstein bereiteten dreyfachen Salze zu unterscheiden. Wenn nemlich Weinstein mit Gewächsalkali gesättigt wird, so erhält man zwar nur ein Doppelsalz, tartarisirten Weinstein; wenn man ihn aber mit Mineralalkali, oder mit flüchtigem Alkali sättigt, so bringt man außer dem im Weinsteine schon enthaltenen Gewächsalkali noch ein anderes Alkali hinzu, und erhält folglich ein Neutralsalz mit zweyerley Alkalien verbunden. So entsteht

1) mit Weinstein und Mineralalkali: Seignettesalz (Sal Seignette).

2) mit Weinstein und flüchtigem Alkali: auflöslicher Weinstein (Tartarus solubilis).

§. 454. 7) Die Sauerkleesäure oder Zuckersäure (Acidum oxalinum, sacchari) ist im Sauerkleesalze (Sal acetosellae) mit einem Theile Gewächsalkali verbunden, aber nicht damit gesättigt, so daß dieses auch als ein wesentliches saures Salz erscheint. Sie läßt sich auch durch Kunst aus dem Zucker, der Stärke, dem Schleime, der Weinsteinsäure, und andern Pflanzenstoffen, dadurch darstellen, daß man diese vermittelst der Salpetersäure bis auf einen gewissen Grad entbrennbart. Sie ist auch von der Weinsteinsäure nur durch ein minderes Verhältniß ihres Brennstoffs zu den übrigen Bestandtheilen unterschieden. Sie schießt in spießigten, oder dünnen vierseitigen prismatischen Krystallen an, die sehr sauer schmecken, an der Luft in der Wärme verwittern, in der Hitze zersetzt werden, und sich auch brennbarhaltig zeigen.

Die

Die Sauerkleesäure besteht aus Brennstoff, Luftsäure und etwas Wasser; das erstere ist, wie gesagt, darin in einem geringern Verhältnisse gegen die übrigen Bestandtheile, als in der Weinsteinsäure. Daher läßt sich auch diese durch Entziehung eines Theils ihres Brennstoffs vermittelst der Salpetersäure in jene umwandeln.

Nach Hrn. Lavoisier ist die Sauerkleesäure (*acide oxalique*) aus Wasserstoff, Kohlenstoff, und Sauerstoff zusammengesetzt, und zwar ist letzterer darin in einem größern Verhältniß gegen die übrigen Bestandtheile, als im Zucker, der also durch eine Oxygenation zur Sauerkleesäure wird, so wie er es nach unserm System durch mehrere Dephlogistirung wird.

§. 455. Die Sauerkleesäure unterscheidet sich von andern Pflanzensäuren, und namentlich von der Weinsteinsäure, durch eigene Neutral- und Mittelsalze, die sie mit den Alkalien und Erden giebt. Sie liefert

1) mit Gewächsalkali: sauerkleesaures Gewächsalkali (alcali vegetabile oxalatum. *Oxalate de Potasse* L.)
2) mit Mineralalkali: sauerkleesaures Mineralalkali (alcali minerale oxalatum. *Oxalate de Soude* L.)
3) mit flüchtigem Alkali: Sauerkleesalmiak (alcali volatile oxalatum. *Oxalate d'ammoniaque* L.)
4) mit Kalkerde: Sauerkleekalk (calx oxalata. *Oxalate de chaux* L.)

u. s. w.

§. 456. 8) Die Zitronensäure (Acidum citri) ist in dem Zitronensafte (Succus citri) in Verbindung mit Essigsäure, und sonst noch in andern sauren Säften, z. B. der Johannisbeeren, der sauren Kirschen, der Moosbeeren, der Preußelbeeren, der unreifen Weintrauben, u. a. enthalten. Man gewinnt

winnt sie dadurch, daß man den Zitronensaft mit Kalkerde sättigt, den im Wasser unauflöslichen Niederschlag mit Vitriolsäure zersetzt, die sich mit der Kalkerde zum Gyps verbindet, wodurch die Zitronensäure an das Auflösungswasser tritt, und durch Krystallisiren davon geschieden werden kann. Diese Säure ist auch im Feuer zerstörbar, und läßt sich vermittelst der mehreren Dephlogistisirung durch Salpetersäure in Sauerkleesäure verwandeln. Sie unterscheidet sich von der Weinstein- und Zuckersäure durch eigene Neutral- und Mittelsalze, die sie mit Alkalien und Erden hervorbringt. Sie giebt:

1) mit Gewächsalkali: das zitronensaure Gewächsalkali (Alcali vegetabile citratum. *Citrate de Potasse* L.)

2) mit Mineralalkali: das zitronensaure Mineralalkali (Alcali minerale citratum. *Citrate de Soude* L.)

3) mit flüchtigem Alkali: Zitronensalmiak (alcali volatile citratum. *Citrate d'ammoniaque* L.)

4) mit Kalkerde: Zitronenkalk (calx citrata. *Citrate de chaux* L.)

u. s. w.

Die Zitronensäure besteht aus Brennstoff, Luftsäure und etwas Wasser. Der erstere ist darin gegen die übrigen Bestandtheile in einem größeren Verhältniß, als in der Sauerkleesäure, und in einem mindern, als in der Weinsteinsäure.

Nach Hrn. Lavoisier ist die Zitronensäure (*Acide citrique*) aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff zusammengesetzt.

§. 437. 9) Die Aepfelsäure (Acidum malicum) findet sich in den Säften saurer Aepfel, sonst aber

oder auch in andern sauren Früchten, wie in den Berberitzen, Hollunderbeeren, Schlehen, Pflaumen, u. a. Sie läßt sich nicht zu festen Krystallen bringen, und unterscheidet sich von der Weinsteinsäure, Zitronensäure und Sauerkleesäure noch dadurch, daß sie, mit Kalkerde gesättigt, eine im Wasser auflösliche mittelsalzige Verbindung liefert, was jene Säuren nicht thun; von der folgenden Essigsäure ist sie dadurch unterschieden, daß dieser apfelsaure Kalk im Weingeiste unauflöslich ist, da hingegen der essigsaure Kalk sich darin auflöst. Im Feuer ist sie zerstörbar. Durch Salpetersäure läßt sie sich in Zuckersäure umwandeln. Mit den Alkalien und Erden liefert sie eigene Neutral- und Mittelsalze,

1) mit Gewächsalkali: apfelsaures Gewächsalkali (alcali vegetabile malatum. *Malate de potasse* L.)

2) mit Mineralalkali: apfelsaures Mineralalkali (alcali minerale malatum. *Malate de Soude* L.)

3) mit flüchtigem Alkali: Apfelsalmiak (alcali volatile malatum. *Malate d' ammoniaque* L.)

4) mit Kalkerde: apfelsauren Kalk (calx malata. *Malate de chaux* L.)

u. s. w.

Die Aepfelsäure besteht aus Brennstoff, Luftsäure und Wasser; ersterer ist darin gegen die andern Bestandtheile in einem geringern Verhältnisse, als in der Weinsteinsäure und Zitronensäure, und in einem größern, als in der Zuckersäure. — Nach Lavoisier sind die Bestandtheile der Aepfelsäure (*acide malique*) Wasserstoff, Kohlenstoff, und Sauerstoff.

§. 458.

§. 458. 10) Die Essigsäure (Acidum aceti) macht einen Bestandtheil des durch Gährung aus mancherley Pflanzenstoffen zu erhaltenden Essigs aus. Im Weinessig (Acetum vini) ist sie außer dem Wasser mit schleimigten und weinsteinsauren Theilen enthalten. Sie geht in Verbindung mit Wasser bey der gelinden Destillation des guten und vollkommenen Weinessigs über. Nach der Entwässerung läßt sie sich zwar als eine feste Säure darstellen, wir kennen sie aber gewöhnlich nur im flüssigen Zustande, als destillirten Essig. Sie ist im Feuer zerstörbar, wenn man sie vorher durch eine alkalische Basis figirt hat. Sie unterscheidet sich von den vorhergehenden Pflanzensäuren durch ein eigenthümliches Verhalten gegen andere Körper, insbesondere durch eigene Neutral- und Mittelsalze, die sie mit den Alkalien und Erden erzeugt. Durch Salpetersäure läßt sie sich nicht in Sauerkleesäure verwandeln; vielmehr werden alle vorhergehende Pflanzensäuren durch mehrere Dephlogistisirung endlich zur Essigsäure. Sie giebt

1) mit Gewächsalkali: das essigsaure Gewächsalkali, die Blättererde (alcali vegetabile acetatum, terra foliata tartari. *Acetite de Potasse* L.)

2) mit Mineralalkali: das essigsaure Mineralalkali (alcali minerale acetatum. *Acetite de Soude* L.)

3) mit flüchtigem Alkali: Essigsalmiak, Minderers Geist (alcali volatile acetatum, Spiritus Mindereri, *Acetite d'ammoniaque* L.)

4) mit

14) mit Kalkerde: Essigkalk (calx acetata. Acetite de chaux L.)

Die Essigsäure besteht aus Brennstoff, Luftsäure und Wasser; der erstere ist darin gegen die übrigen Bestandtheile in einem mindern Verhältnisse, als in den vorhergenannten Pflanzensäuren, indem sie alle durch Dephlogistisirung in Essigsäure übergehen.

Nach dem Lavoisierschen System ist die Essigsäure (Acide acétique) aus Wasserstoff, Kohlenstoff, und Saurerstoff zusammengesetzt.

§. 459. 11) Die Benzoesäure (Acidum benzoicum) macht in dem Benzoeharze (Benzoë) einen nähern Bestandtheil, und kann daraus entweder durch gelinde Sublimation, oder durch Auskochen mit alkalischen Laugen oder Kalkwasser geschieden werden. Sie ist eine flüchtige Säure, und erscheint in weißen, glänzenden Nadeln (Benzoeblumen). Ihr Geschmack ist zwar ätzend, aber nicht hervorstechend sauer. Sie löst sich im kalten Wasser schwer, leichter im kochenden auf. An der Luft sind die Krystalle beständig. Im Weingeiste sind sie auflösbar; und auf glühenden Kohlen brennbar. Sie giebt

1) mit Gewächsalkali: benzoesaures Gewächsalkali (alcali vegetabile benzoatum. Benzoate de Potasse L.)
2) mit Mineralalkali: benzoesaures Mineralalkali (alcali minerale benzoatum. Benzoate de Soude L.)
3) mit flüchtigem Alkali: Benzoesalmiak (alcali volatile benzoatum. Benzoate d' ammoniaque L.)

u. s. w.

Die Benzoesäure hat zwar den Brennstoff zum Bestandtheil, und sie ist gewiß zusammengesetzt; aber ihre Mischung

schung ist noch nicht gehörig erforscht. Hr. Lavoisier rechnet die Benzoesäure (*Acide benzoique*) auch zu den zusammengesetzten Säuren, die aus Wasserstoff, Kohlenstoff und Sauerstoff bestehen.

§. 460. 12) Der zusammenziehende Stoff (principium adstringens) äußert sich in den Gewächsen durch den zusammenziehenden Geschmack, den sie verursachen, und dadurch, daß die wässerigte oder geistige Auszjehung derselben mit der Auflösung des Eisens in Säuren einen schwarzen Niederschlag bewirkt. Beyspiele geben: die Galläpfel, die Rinde der Eiche, der Granatäpfel, der Schmack, u. a. Unsere gemeine Tinte ist ein solcher Niederschlag des Eisens durch den zusammenziehenden Stoff. Wenn dieser zusammenziehende Stoff von den ihm anhängenden färbenden, gummigten, und harzigten Theilen befreyet worden ist, so zeigt er sich als ein weißes, nadelförmiges Salz, daß sich auch im Weingeiste auflösen läßt, als eine Säure reagirt, nemlich die Lackmustinctur roth färbt, aus dem luftsauren Alkali die Luftsäure austreibt, die Schwefelleber zersetzt, und einen sauren Geschmack besitzt. Man nennt dies Salz auch Galläpfelsäure (acidum gallaceum). Es ist in der Hitze flüchtig; auf glühenden Kohlen ist es entzündlich. Mit Salpetersäure behandelt giebt es Sauerkleesäure. Den schwarzen Niederschlag, den der zusammenziehende Stoff mit dem Eisen macht, ist in einen Ueberschuß von andern Säuren auflöslich, wodurch die schwarze Farbe wieder verschwindet, die sich aber dann wieder durch Laugensalz zum Vorschein bringen läßt. Die Verbindungen dieser Galläpfelsäuren mit Alkalien, Erden und Metallen sind noch nicht sattsam untersucht.

Die

Die Mischung dieses zusammenziehenden Stoffes, oder der Galläpfelsäure, ist noch problematisch. Brennstoff, Luftsäure, nebst etwas Phosphorsäure und Wasser, machen aber wahrscheinlich Bestandtheile darin aus. Hr. Lavoisier hält die Mischung der Galläpfelsäure (*acide gallique*) ebenfalls für unbekannt, ob er sie gleich unter die aus Wasserstoff, Kohlenstoff, und Sauerstoff zusammengesetzten stellt. Die Verbindungen damit nennt er *Gallates*.

Versuche: Durch die Ausziehung der Galläpfel mit Weingeist wird die mit Wasser gemachte Auflösung des Eisenvitriols schwarz.

Der Zusatz von Vitriolsäure oder von Salzsäure macht den Niederschlag wieder verschwinden, und das Gemisch wird wieder helle und farbenlos.

Die Sättigung der zugesetzten Säure mit Laugensalz bringt die schwarze Farbe wieder hervor.

Unsere schwarze Tinte wird, nach Lewis Versuchen, am besten bereitet, wenn man einen Theil Blauholz und drey Theile grob gepulverte Galläpfel mit 36 Theilen Wasser kocht, die Abkochung durchseihet, und dazu einen Theil unzerfallenen Eisenvitriol und einen bis anderthalb Theile arabisches Gummi setzt, und darin auflöst. — Das Schimmeln der Tinte verhütet man am besten durch Zusatz von etwas Weingeist. Freye Säuren schaden der schwarzen Farbe der Tinte, und so ist auch der Zusatz des Alauns und Essigs nicht allein unnütz, sondern auch schädlich. Eine gelbwerdende Tinte hat zu viel Eisenvitriol.

§. 461. 13) Aus mehrern Saamen und Kernen, z. B. dem Leinsaamen, dem Mohnsaamen, den Mandeln, so wie auch aus einigen Früchten der Pflanzen, z. B. den Oliven, läßt sich eine flüssige Materie auspressen, welche durch Hülfe eines Dochtes die Flamme ernährt, und sich nicht mit Wasser auflösen läßt, also ein **Oehl**, und zwar ein solches, das sich nicht im Weingeiste auflöst, auf Papier getröpfelt einen Fleck macht, der durchs Erwärmen nicht wieder vergeht, und wenn es rein ist, keinen erheblichen Geruch und einen milden Geschmack besitzt. Man nennt es ein **mildes, schmierigtes, fet-**

tes oder ausgepreßtes Oehl (oleum unguinosum, expressum). Zum Sieden erfordern diese Oehle eine starke Hitze, die man auf 600 Grad nach Fahrenheit rechnet. Sie sind sämmtlich specifisch leichter als Wasser. Einige trocknen an der Luft aus; andere bleiben stets schmierig. Einige sind in der gewöhnlichen Temperatur unserer Atmosphäre flüssig, andere hart und spröde, jene nennt man auch Pflanzenbutter. Das Wachs kann man gewissermaßen zu den schmierigen Oehlen rechnen.

Die fetten Oehle bestehen aus Brennstoff, Luftsäure und Wasser. Sie unterscheiden sich in der Mischung vom Harze (§. 447.) durch ein größeres Verhältniß des erstern Bestandtheils, so wie die flüssigen Oehle auch ein noch größeres Verhältniß an Wasser haben. Durch Entziehung eines Antheiles ihres Brennstoffs und Wassers vermittelst der concentrirten Vitriolsäure und Salpetersäure werden sie daher auch zu Harzen. Auch kann man sie durch letztere in Zuckersäure verwandeln.

Nach Hrn. Lavoisier sind die fetten Oehle bloß aus Wasserstoff und Kohlenstoff zusammengesetzt; eine Behauptung, die dadurch widerlegt wird, daß auch die reinsten Oehle für sich beym Ausschluß der respirabeln Luft Luftsäure und ein säuerliches Wasser geben.

§. 462. Mit den ätzenden Laugensalzen verbinden sich die ausgepreßten Oehle vollkommen und innigst, und werden durch dieselben auch im reinen Wasser ganz und gar auflösbar, oder zur Seife (Sapo). Hierbey wird also das Laugensalz als ein aneignendes Verwandtschaftsmittel (§. 173.) zwischen dem Wasser und dem Oehle. Auch im Weingeiste ist die Seife auflösbar. Die Seifen werden durch alle Säuren wieder zersetzt, und das Oehl daraus abgeschieden, wiewohl in veränderter Natur. Auch alle Verbindungen der Säuren mit Stoffen, mit denen sie nicht so nahe verwandt sind, als mit den feuer-

feuerbeständigen Laugensalzen, zersetzen die aus letztern bereitete Seifen. Verschiedene Wässer, besonders aus Brunnen, lösen aus eben dieser Ursache die Seifen nur unvollkommen auf und zersetzen sie. Man nennt diese Wässer hart (aquae durae). Die weichen Wässer hingegen (aquae molles), wie die atmosphärischen und das destillirte Wasser, lösen die Seifen vollkommen auf.

§. 463. 14) Verschiedene stark riechende und schmeckende Pflanzen, oder ihre Theile, ertheilen nicht nur dem darüber abgezogenen oder destillirten Wasser ihren Geruch, sondern es geht auch zugleich mit dem Wasser ein Oehl über, das von den ausgepreßten Oehlen wesentlich verschieden ist; wie schon daraus zu sehen ist, daß es sich mit Wasser destilliren läßt. Es erfordert also eine geringere Hitze zum Sieden, als die schmierigen Oehle, hinterläßt auf dem Papier keinen Fleck, wenn man dieses anwärmt, ist in der Wärme leicht verdünstbar, hat einen durchdringenden Geruch, der in allem mit dem Geruch der Pflanze übereinkömmt, woraus es destillirt worden ist; es löst sich im Weingeist auf, und läßt sich durch die Flamme eines Lichts anzünden, ohne vorher erhitzt zu werden. Man nennt diese Oehle ätherische, riechende, oder destillirte Oehle (olea aetherea, destillata), auch wol wesentliche Oehle: doch kömmt der letztere Name mit allem Rechte auch den ausgepreßten Oehlen zu. Die mehresten ätherischen Oehle sind leichter, als das Wasser, und schwimmen oben auf; nur einige, besonders aus Gewürzpflanzen heißer Länder, sinken im Wasser zu Boden. Ferner unterscheiden sie sich in der Consistenz, und besonders auch in der Farbe.

Im

Im Wasser lösen sie sich einigermaßen auf, und ertheilen ihm ihren Geruch und Geschmack. Mit den feuerbeständigen Laugensalzen verbinden sie sich nur schwer zu einer Seife, und nicht ohne sich in Harz zu verwandeln.

Die ätherischen Oehle haben Brennstoff, Luftsäure und Wasser zu Bestandtheilen. Der erstere ist darin in einem beträchtlich größern Verhältniß zu den übrigen Bestandtheilen, als in den milden Oehlen, die daher auch durch Entziehung eines Antheils ihrer Säure, wie z. B. vermittelst der ätzenden Laugensalze nach der Trennung von denselben durch Säuren, ferner durch Destillation, die Natur der ätherischen Oehle annehmen.

Nach Hrn. Lavoisier bestehen die ätherischen Oehle bloß aus Wasserstoff und Kohlenstoff.

464. 15) Ein anderer merkwürdiger Bestandtheil der Pflanzen, der aber seltener in ihnen anzutreffen ist, ist der Kampher (camphora), eine weiße, nicht fettig und auch nicht scharf anzufühlende, feste, durchscheinende, glänzende Materie, von einem starken und durchdringenden Rauch und Geschmack, der sehr flüchtig ist, in gelinder Wärme schmelzt, sich sehr leicht anzünden läßt, und ohne Rückstand zu hinterlassen, mit starkem Rauch und Ruß verbrennt. Er ist im Wasser nicht auflösbar, aber im Weingeist und in Oehlen.

Ob es gleich gewiß ist, daß Brennstoff und Luftsäure Bestandtheile des Kamphers sind, so kennen wir doch seine wahre Mischung nur sehr unvollständig. Nach Hrn. Rosegarten läßt sich aus demselben eine eigene Säure, die Kamphersäure, durch Dephlogistisirung des Kamphers mit Salpetersäure, scheiden; die Mischung derselben aber ist selbst noch unbekannt.

Nach Hrn. Lavoisier ist der Kampher aus Wasserstoff und Kohlenstoff zusammengesetzt, und die Kamphersäure ist eine Folge der Oxygenirung jener beiden Bestandtheile, oder des Zusatzes vom Sauerstoff.

§. 465. 16) Der scharfe Pflanzenstoff (principium acre) muß als ein eigener näherer Bestandtheil im Pflanzenreiche unterschieden werden. Mehrere Pflanzen nemlich, die übrigens geruchlos sind, haben einen sehr brennenden und scharfen Geschmack, sie erregen, wenn sie frisch auf die Haut applicirt werden, Röthe, örtliche Entzündungen, ziehen Blasen. Durchs Trocknen verliert sich diese Schärfe ganz oder größtentheils. Das Wasser, daß man über diese Pflanzen abzieht, erhält dagegen alle Schärfe und alles Reizende. Beyspiele geben: die frischen Wurzeln vom Arum, von der Meerzwiebel, von der Zeitlose, der frische Hahnenfuß, u. a. In verschiedenen Gewächsen ist dieser scharfe und flüchtige Stoff mit ätherischem Oehl verbunden, und dadurch auch einigermaßen gemildert; wie z. B. im Merrettig, im Löffelkraute, in der Brunnenkresse, im Senf, u. a. Sonst ist uns die Mischung dieses eigenen Stoffs noch sehr unbekannt. Irrigerweise haben ihn einige für flüchtiges Laugensalz gehalten.

§. 466. Das Narkotische oder Betäubende mehrerer Pflanzen, z. B. des Opiums, der Kirschlorbeerblätter, ist gewiß keine Qualität anderer näherer Bestandtheile, sondern hängt vielmehr von einem eigenen Substrato ab, das selbst einen nähern Bestandtheil des Pflanzenreichs ausmacht, und das ich 17) den narkotischen Pflanzenstoff (principium narcoticum) nenne. Bis jetzt hat man freylich dies Princip noch nicht abgesondert und allein darstellen können; daraus läßt sich aber kein Schluß gegen die Existenz eines solchen eigenen Wesens machen. Es ist flüchtig in der Siedhitze des Wassers, kann aber doch durch andere fixere Bestandtheile so fixirt werden,

den, daß es die Siedhitze des Wassers verträgt. Immer aber verlieren die narcotischen Substanzen des Gewächsreichs durchs Trocknen, Auskochen, von der Stärke ihrer Kraft. In manchen, wie in Kirschlorbeerblättern, ist der narcotische Stoff an ein ätherisches Oehl gebunden.

§. 467. Die mehresten der bisher betrachteten näheren Bestandtheile der Pflanzen kommen in der Qualität ihrer Mischung unter einander überein, und sind nur in dem Verhältniß der Grundstoffe, woraus sie zusammengesetzt sind, verschieden. Brennstoff, Luftsäure und Wasser machen die Mischung der allermehresten aus, und die Verschiedenheit der Verhältnisse, in denen diese mit einander verbunden sind, bestimmen die Unterschiede in der Natur und dem Verhalten, die wir z. B. zwischen Schleim, Stärke, Zucker, Weinsteinsäure, Zuckersäure, Essigsäure, fettem Oehle, ätherischem Oehle, Harze, u. a. wahrnehmen. So bilden sich also aus der Zusammensetzung weniger Urstoffe zahlreiche Gattungen von Körpern. Und so scheint insbesondere durch das Wachsthum der Pflanzen im Sonnenlichte der Brennstoff, d. h. der fixirte Licht- und Wärmestoff, der Pflanzen gebildet zu werden, und durch seine verhältnißmäßige Vermehrung zu der Umänderung der Substanzen, die wir z. B. in verschiedenen Perioden des Reifens in ihnen wahrnehmen, beyzutragen; so scheint durch diese verhältnißmäßige Vermehrung des Brennstoffs z. B. die Säure unreifer Früchte in Zuckerstoff, die Zitronensäure unreifer Weintrauben in Weinsteinsäure, und späterhin in Zucker überzugehen. Auch aus der phlogistisirten Luft der Atmosphäre nehmen die Pflanzen beym Wachsthum den

Brennstoff auf, und sie scheint hauptsächlich die Quelle dazu für sie zu seyn, und von denselben wieder als dephlogistisirte Luft ausgestoßen zu werden. Die Luftsäure, den andern Hauptbestandtheil, empfangen die Pflanzen ebenfalls aus der atmosphärischen Luft, die zu ihrem Wachsthum so nothwendig ist, als das Licht; auch das Wasser verschafft sie ihnen zum Theil, so wie dies auch selbst bey ihrem Wachsthum zum wesentlichen Bestandtheil von ihnen wird; und endlich leidet es auch wol keinen Zweifel, daß Theilchen der Dammerde, worin die Pflanzen wachsen, fähig sind, mit in den Saftröhren der Pflanzen aufzusteigen, und zur Mischung oder Modificirung der Mischung näherer Bestandtheile der Gewächse beyzutragen.

Joh. Ingenhouß Versuche mit Pflanzen, a. d. Franz. von J. A. Scherer, verbesserte Aufl. Th. I. Wien 1786. Th. II. 1788. Th. III. 1790. gr. 8. Ebendesselben vermischte Schriften, übersetzt und herausgegeben von Nikl. Carl Molitor. Zweyte Aufl. Wien. I. II. B. 1784. gr. 8. *Joh. Sennebier* mémoires physico-chymiques sur l'influence de la lumiere solaire pour modifier les êtres des trois regnes de la nature et surtout ceux du regne vegetal. à Geneve. 1782. T. I — III. 8. Versuche und Beobachtungen über die grüne Farbe unterirdischer Vegetabilien, von F. A. von Humboldt, in Grens Journal der Phys. B. V. S. 196. ff.

§. 468. Wenn Pflanzen der Hitze ausgesetzt werden, so erleiden sie nach der verschiedenen Beschaffenheit ihrer nähern Bestandtheile und des angebrachten Feuersgrades verschiedene Veränderungen. In der Hitze, die bis zum Siedepuncte des Wassers steigt, werden alle diejenigen Stoffe ausgetrieben, die in diesem Wärmegrade flüchtig sind oder expansibel werden, wie das Wasser, das ätherische Oehl, der Kampher,

der scharfe und narcotische Stoff. In einer stärkern Hitze verlieren sie nicht nur die nähern Bestandtheile, sondern es treten auch entferntere Bestandtheile zu neuen Producten zusammen, die als solche vorher in dem Gewächse nicht präexistirten. Sie nehmen nun alle beym Rösten einen eigenen brenzlichten Geruch und Geschmack an, der vorher nicht wahrzunehmen war. Es wird, wenn die Hitze stärker wird, ein starker Rauch aus ihnen getrieben, der den brenzlichten Geruch vorzüglich stark besitzt, und endlich, wenn die Erhitzung groß genug ist, und die freye Luft hinzutreten kann, so bricht der Rauch in eine Flamme aus, und der Körper wird in einem so hohen Grade zerlegt, daß nur die feuerbeständigen Theile allein als Asche übrig bleiben.

§. 469. Unternimmt man die Erhitzung der Gewächse bis zum Glühen beym Ausschluß der respirabeln Luft, oder unterwirft man sie für sich einer Destillation in der Glühehitze, so kann man das, was bey dem Verbrennen im Freyen den Rauch und die Flamme bildet, besonders auffangen und untersuchen. Die Erfahrung lehrt, daß hierbey alle Gewächse, ohne Unterschied, und alle ihre Theile, so wie auch alle ihre näheren Bestandtheile, die sich nicht in der Siedhitze des Wassers verflüchtigen lassen, oder wenn sie durch Verbindung mit andern mehr fixirt worden sind, eine große Menge luftförmiger Stoffe geben, nemlich schweres brennbares Gas und luftsaures Gas, ferner einen wässerigt salzigten Geist, und ein unangenehm riechendes, brenzlichtes Oehl (oleum empyreumaticum), die sich beide einander verunreinigen.

§. 470. Die beiden erhaltenen Gasarten sind Producte, und sind nicht als Luft in dem Pflanzenstoff vor der Operation zugegen gewesen. Das luftsaure Gas war als feste Luftsäure ein Grundtheil von ihm, so wie sie es von allen einzelnen nähern Bestandtheilen der Gewächse ist, und diese feste Luftsäure wurde durch die Aufnahme des Wärmestoffs in Verbindung mit dem Wässerigten expansibel und luftförmig, und bildete so das luftsaure Gas, dessen Basis Luftsäure und Wasser ist. Das schwere brennbare Gas hingegen erzeugt sich aus der Vereinigung des Brennstoffs, der Luftsäure und des Wassers der Gewächse und ihrer verschiedenen einzelnen nähern Bestandtheile; und es werden jene Stoffe durch die Aufnahme des Wärmestoffs expansibel und luftförmig. Die schwere brennbare Luft hat also Brennstoff, Luftsäure und Wasser zur Basis. Sie besitzt einen unangenehmen brenzlichten Geruch.

Von der Theorie dieser Luftarten wird in der Folge in einem eigenen Abschnitte weiter gehandelt werden.

§. 471. Der bey der Destillation der Gewächse im Glüheseuer erhaltene wässericht salzigte Geist (§. 469.) ist bey den mehresten Pflanzen und ihren nähern Bestandtheilen offenbar sauer; und so liefern z. B. der Schleim, das Harz, die Stärke, der Zucker, alle saure Salze, der zusammenziehende Stoff, die fetten Oehle, das Wachs, einen solchen sauren Geist. Er ist, nach der gehörigen Reinigung von den ihm anklebenden empyreumatischen Oehltheilen, von dem Essig nicht verschieden und nimmt seinen Ursprung ebenfalls aus der Verbindung des Brennstoffs und der Luftsäure mit dem Wasser, woraus auch der

reine Essig zusammengesetzt ist (§. 458). Diejenigen Pflanzen, oder ihre Theile, worin der Kleber (§. 449.) hauptsächlich herrschend ist, geben bey dieser Destillation keinen sauren, sondern einen luftsauren flüchtig alkalinischen Geist, wenigstens einen ammoniakalischen, und der Kleber liefert für sich allein einen solchen flüchtig alkalinischen Geist.

§. 472. Das empyreumatische Oehl (§. 469.) besitzt eine desto dunklere Farbe, und eine desto dickere Consistenz, je später es überdestillirt wurde. Durch wiederholte Rectificationen läßt es sich dünner und den ätherischen Oehlen ähnlicher machen, wobey es harzigte Theile zurückläßt. Dies Oehl ist offenbar ein Product, und nimmt seinen Ursprung ebenfalls aus der Vereinigung des Brennstoffs, der Luftsäure und des Wassers der Pflanzen und ihrer einzelnen nähern Bestandtheile. Je kleiner das Verhältniß des Wassers gegen die übrigen Grundtheile darin wird, um desto dicker und zäher wird es von Consistenz, und durch die Verminderung dieses und des brennbaren Grundtheils wird es endlich ein wahres Harz.

§. 473. Das, was nach der Destillation der Gewächse und ihrer einzelnen nähern Bestandtheile im Glühefeuer, zurückbleibt, wenn sich weiter keine flüchtigen Stoffe austreiben lassen, heißt eine Kohle (carbo). Sie ist eine schwarze, trockene, spröde, unschmelzbare, im Wasser völlig unauflösbare, geruch- und geschmacklose Materie. In verschlossenen Gefäßen leidet sie durch das heftigste Feuer keine Veränderung; an freyer Luft hingegen brennt sie mit bloßem Glühen, ohne Rauch und Ruß, mit Zu-

rück-

rücklassung der Asche. Die Kohle ist ein Product und präexistirte nicht in den Gewächsen und ihren Bestandtheilen. Ihre wesentlichen Grundtheile sind Brennstoff und Luftsäure, die in der Mischung aller Pflanzen und ihrer einzelnen nähern Bestandtheile enthalten sind, und zwar in der Verbindung mit dem Wässerigten nach ihren verschiednen Verhältnissen, die schwere brennbare Luft, den sauren Geist, und das empyreumatische Oehl bildeten, aber nach Uebergang des Wässerigten jetzt durch den Wärmestoff nicht mehr expansibel werden konnten, wozu auch ihre innige Vereinigung mit den andern feuerbeständigen Theilen der Asche beytrug. Wenn man daher glühende Wasserdämpfe durch Pflanzenkohlen streichen läßt, so werden sie theils zum luftsauren, größtentheils aber zum schweren brennbaren Gas, mit Zurücklassung der Theile der Asche. Ihr Brennstoff bildet nemlich in Verbindung mit dem Wasser und der Luftsäure zusammen die durch den Wärmestoff luftförmig gewordene Basis des schweren brennbaren Gas, und die übrige Luftsäure geht mit dem Wasser zusammen zur Basis des luftsauren Gas.

Nach Hrn. Lavoisier ist die Kohle oder der Kohlenstoff (*carbone*) einfach, präexistirt, wie ich auch bey den einzelnen nähern Bestandtheilen der Gewächse angemerkt habe, in denselben, und bleibt nach Ausscheidung der übrigen zurück. Es treten nemlich bey der trockenen Destillation der Wasserstoff (*Hydrogène*) und der Sauerstoff (*Oxygene*) der Pflanzen theils zum Wasser zusammen, theils gehen beide in Verbindung mit Kohlenstoff als saurer Geist oder als empyreumatisches Oehl über, nach der Verschiedenheit ihres Verhältnisses gegen einander; oder der Kohlenstoff macht in Verbindung mit dem Sauerstoff des Pflanzentheils durch Aufnahme des Wärmestoffs das luftsaure Gas (gas acide carbonique). Der Kohlenstoff also, der keinen Wasserstoff oder keinen Sauerstoff mehr antrifft, bleibt als solcher zurück. Es ist folglich, nach dem System des

Hrn.

Hrn. Lavoisier, die Kohle ein Educt. Das Wasser aber ist nach diesem System aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt, und beym Durchgang desselben durch die glühenden Kohlen, tritt der Sauerstoff des Wassers an den Kohlenstoff, bildet damit die Basis des luftsauren Gas, und der andere Grundtheil des Wassers, oder der Wasserstoff, macht in Verbindung mit einem Antheil des Kohlenstoffs die Basis des schweren brennbaren Gas (gas hydrogène carboné).

§. 474. Die **Asche** (cinis), die nach dem gänzlichen Verbrennen der Pflanzen und ihrer Kohlen zurückbleibt, stellt ein weißliches, oder graues, nicht weiter zur Unterhaltung des Feuers geschicktes Pulver dar, das die feuerbeständigen Theile des Körpers ohne weitern Zusammenhang in sich enthält. Außer den erdigten Theilen enthält die Asche der Gewächse noch salzigte Theile, die sich durch Auslaugen mit Wasser von jenen trennen lassen. Die meisten Pflanzen liefern so aus ihrer Asche durch Auslaugen, und durch Eindicken und Abrauchen der Lauge bis zur Trockniß, **Gewächsalkali** (§. 368.), das eben daher den Namen des vegetabilischen Alkali erhalten hat. Es ist immer mit etwas Luftsäure verbunden, die wol von der Zersetzung der Kohle beym Verbrennen an das Laugensalz getreten ist; sonst enthält es aber auch noch verschiedene andere Salze, die es verunreinigen, wie z. B. vitriolisirten Weinstein. Die sogenannte **Pottasche** (cineres clavellati) ist ein solches, wiewohl unreines, Gewächsalkali, aus der Asche der Holzarten gewonnen. Es ist sehr wahrscheinlich, daß alles Alkali, was man aus der Asche der Pflanzen gewinnt, in den Pflanzen selbst in Verbindung mit Pflanzensäure gewesen ist, entweder als Neutralsalz, oder mit der Säure übersättigt, wie der Weinstein (§. 452.),

das

und das Sauerkleesalz (§. 454.) lehren, und so nach der Verflüchtigung und Zerstörung der Säure beym Verbrennen allein zurückbleibt. Die Asche verschiedener am gesalznen Meerufer wachsenden Kräuter unterscheidet sich von andern dadurch, daß sie mineralisches Alkali enthält. Dergleichen Asche ist die Sode (§. 369.). Das darin befindliche Mineralalkali war ohne Zweifel in jenen Pflanzen als Glaubersalz.

§. 475. Die nach dem Auslaugen der Asche der Pflanzen zurückbleibenden erdigen Theile sind nach Beschaffenheit des Bodens, worauf die Pflanze wuchs, verschieden, und mehrentheils Kalk-, Thon- und Kieselerde; manchmal auch phosphorsaure Kalkerde. Oft enthält diese Pflanzenerde auch Eisenkalk.

Drittes Hauptstück.

Bestandtheile der thierischen Körper.

§. 476.

Als nähere Bestandtheile der thierischen Körper sind bekannt: 1) Gallerte, 2) Fett, 3) Lymphe, 4) fadenartiger Theil, 5) Knochenmaterie und 6) Milchzucker. Indessen beziehen sich diese nur auf Thiere mit Blut, und in den zahlreichen Gattungen der Insecten und Gewürme möchten wol bey genauerer Untersuchung verschiedene andere angetroffen werden, wie dies auch schon 7) die Ameisensäure, und 8) das scharfe Harz der spanischen Fliegen lehren.

§. 477. 1) Die Gallerte (Gelatina) ist in den thierischen Körpern eben so häufig verbreitet, als der

Schleim im Pflanzenreiche. Sie macht einen nähern Bestandtheil der frischen Muskelfaser, des Zellgewebes, der Knorpel, der Klauen, der Hörner, der Knochen, u. a. aus. Sie löst sich im Wasser auf, das man mit diesen Theilen kocht, ertheilt demselben einen milden Geschmack, ohne erheblichen Geruch, und einige Viscosität. Die Fleischbrühen sind solche Auflösungen des gallertartigen Theiles des Fleisches im Wasser. Nach dem Verdunsten des Wassers bis zu einem gewissen Grade gerinnt die Auflösung beym Abkühlen zu einer durchsichtigen, mit etwas Schnellkraft begabter, Materie, die man im gemeinen Leben auch eine Gallerte oder Sulze nennt; und wird endlich bey fortgesetztem Austrocknen zu einer harten, festen, durchscheinenden, hornartigen Materie, die sich im Wasser und im Weingeiste vollkommen wieder auflösen läßt, und auch ein Leim (gluten) genannt wird. In der Hitze läßt sich dieser Leim nicht eigentlich schmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruch des angebrannten Horns. Mit Wasser verdünnt, geht er in der Wärme schnell in Fäulniß über.

Die Gallerte besteht aus Brennstoff, Luftsäure, Wasser, flüchtigem Laugensalze, Phosphorsäure und etwas Kalkerde.

Nach dem antiphlogistischen System ist die Gallerte (*Gelée*) zusammengesetzt aus: Wasserstoff (*Hydrogène*), Kohlenstoff (*Carbone*), Sauerstoff (*Oxygene*), Stickstoff (*Azote*), Phosphor, und etwas Kalkerde.

§. 478. 2) Das Fett (Pinguedo, Adeps, Axungia) der Thiere ist den milden Pflanzenöhlen (§. 461.) in allem ähnlich; und unterscheidet sich bey den verschiedenen Thieren und nach den verschiedenen Stellen, wo es abgesondert wird, in der Consistenz,

stenz, wie der Talg oder Unschlitt (Sebum), der Wallrath, das Schmalz und der Thran beweisen. Auch die Butter gehört hieher. Alles, was oben (§. 461.) von den milden Pflanzenöhlen angeführt worden ist, gilt auch vom thierischen Fett.

Reines thierisches Fett besteht aus Brennstoff, Luftsäure und Wasser.

Nach dem Lavoisierschen System ist das Fett aus Wasserstoff und Kohlenstoff zusammengesetzt.

Die Fettsäure (Acidum pinguedinis. *Acide sebacique* L.) ist nach der gehörigen Reinigung von der Essigsäure nicht verschieden, und das Product der Zusammensetzung aus Brennstoff, Luftsäure und Wasser in einem ähnlichen Verhältniß, als im Essig. Die damit bereiteten Neutral- und Mittelsalze heißen im französischen System *Sebates*.

§. 479. 3) Die Lymphe (Lympha coagulabilis) macht den hauptsächlichsten Bestandtheil des Blutwassers (Serum sanguinis) aus. Sie ist in dem Wässerigten desselben so fein zertheilt, daß sie aufgelöst zu seyn scheint. Alles, was das Wasser stärker anzieht, wie concentrirte Säure, Weingeist, bringen sie zum Gerinnen, und sie fällt als ein weisser, geruch- und geschmackloser Körper nieder, der nach dem völligen Austrocknen durchscheinend hart und spröde ist, in der Wärme nicht schmelzt, im Wasser und Weingeiste nicht auflösbar ist, sich aber in concentrirten Säuren auflösen läßt, doch durch Zusatz von bloßem Wasser wieder daraus gefällt wird, in der Wärme nach dem Anfeuchten mit Wasser leicht in Fäulniß übergeht, und auf Kohlen unter dem Geruch der angebrannten Haare verbrennt. Mit dieser gerinnbaren Lymphe kömmt der Käse der Milch, und das Eyweiß ganz überein.

Die Bestandtheile der gerinnbaren Lymphe sind: Brennstoff, Luftsäure, flüchtiges Laugensalz, Wasser, Phosphor-

phorsäure und Kalkerde. Die letztere scheint darin in einem größern Verhältniß gegen die übrigen Grundstoffe zu seyn, als in der Gallerte.

Nach Hrn. Lavoisier besteht die Lymphe aus Wasserstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Phosphor und Kalkerde.

§. 480. Von der Lymphe unterscheidet sich durch eine festere Consistenz und durch eine größere Gerinnbarkeit 4) der fadenartige Theil des Bluts (pars fibrosa *Gaubii*), der aus dem frisch geronnenen Blutkuchen durch Waschen mit Wasser getrennt werden kann, und sich auch beym bloßen Schlagen und Rütteln des frisch gelassenen Bluts absondern läßt. Er ist im frischen Zustande weiß, sehr zähe, trocknet in der Wärme zu einer spröden Materie aus, löst sich weder im kalten, noch heißen Wasser auf, auch nicht im Weingeiste, wohl aber in concentrirten Säuren, wie im Vitriolöhle, aus dem er aber doch wieder durch Verdünnung mit Wasser gefällt wird. Die ätzenden Laugensalze lösen ihn durch Hülfe des Siedens auf nassem Wege auf. Mit Wasser angefeuchtet geht er in der Wärme in Fäulniß. In der Hitze läßt er sich nicht schmelzen; auf glühenden Kohlen verbrennt er unter dem Geruche angebrannter Haare. — Mit diesem fadenartigen Theile des Bluts kömmt die von allem Auszugartigen oder Gallertartigen befreyte Muskelfaser überein, und die Membranen, die Knorpel, die Ligamente, die Nägel und Klauen, die durchscheinenden Hörner, die Haare, die Wolle, die Federn, nehmen alle aus diesem fadenartigen Theile ihren Ursprung, und sind im Grunde in ihrer Mischung davon nicht verschieden, wenn man ihren gallertartigen Theil ausgezogen hat. Eben dieser fadenartige Theil ist es auch allein, der

die

die Speckhaut oder Entzündungscruste bildet. In Ansehung seiner Mischung kömmt er mit dem Kleber des Mehls (§. 449.) überein.

Der fadenartige Theil des Bluts, so wie die Muskelfaser, die Knorpel, die Membranen, die Ligamente, die Nägel, die durchscheinenden Hörner, die Wolle, die Federn, die Haare, bestehen aus Brennstoff, Luftsäure, Wasser, flüchtigem Laugensalze, Phosphorsäure und Kalkerde. Die beiden letztern sind darin in einem größern Verhältniß, als in der Lymphe.

§. 481. Die Knochen der warmblütigen Thiere und ihre undurchsichtigen Hörner, so wie die Geräppe der Amphibien und Fische, lassen, wenn sie von allen nicht dazu gehörigen Theilen gereiniget, und von ihrem gallertartigen Stoff durch Auskochen mit reinem Wasser völlig befreyet worden sind, eine weißliche unschmackhafte Substanz zurück, die noch die organische Structur wegen ihres Zusammenhanges zeigt, sich in den Säuren völlig auflösen, in der Hitze in verschlossenen Gefäßen sich zur Kohle brennen läßt, im offenen Feuer den Geruch der angebrannten Haare zeigt, und eine große Menge weißer Erde zurückläßt. Ich nenne diese Substanz der ausgekochten Knochen 5) **Knochenmaterie**, und unterscheide sie dadurch von der **Knochenerde** (terra animalis), die nach dem völligen Einäschern oder Ausbrennen derselben zurückbleibt, und die nur ein Bestandtheil dieser Knochenmaterie ist.

Die Knochenmaterie kömmt in der Beschaffenheit ihrer Grundtheile mit dem fadenartigen Theile des Bluts und der Lymphe überein, und ist nur hauptsächlich in dem Verhältniß der Phosphorsäure und der Kalkerde verschieden, die durch Verminderung anderer Bestandtheile dagegen in ein größeres Verhältniß zu den übrigen Grundstoffen gebracht worden sind. Es sind also die Bestandtheile dieser Knochenmaterie: Brennstoff,

Luftsäure, Phosphorsäure, Kalkerde, flüchtiges Laugensalz, Wasser.

§. 482. In der Milch der Kühe, und wahrscheinlich auch in der Milch anderer kräuterfressenden Thiere, findet sich noch ein wesentliches Salz, 6) der Milchzucker (Saccharum lactis), von einem schwach zuckerartigen Geschmacke, das sich auch in luftbeständige Krystalle bringen läßt, sich weder als Säure, noch als Laugensalz zeigt, und vielmehr zu der Ordnung der zuckerartigen Salze (§. 353.) gehört. Es ist offenbar vegetabilischen Ursprungs.

Die Bestandtheile dieses Milchzuckers sind Brennstoff, Luftsäure, Wasser, und etwas Kalkerde. Nicht allein durch letztere, sondern auch durch ein verschiedenes Verhältniß der erstern Bestandtheile unterscheidet er sich vom eigentlichen Zucker (§. 451.). Durch Hülfe der Salpetersäure läßt sich aus ihm auch wahre Sauerkleesalzsäure (§. 454.) darstellen. Es bleibt bey dieser Behandlung mit Salpetersäure ein weißes Pulver übrig, das sich sehr schwer, selbst in heißem Wasser, auflösen läßt, eine saure Natur zeigt, und sich als eine eigenthümliche Säure verhält, die der sel. Scheele Milchzuckersäure (Acidum sacchari lactis) genennt hat. Hr. Lavoisier hat sie auch unter dem Namen, *Acide sacho-lactique*, und die damit verfertigten Neutral- und Mittelsalze unter der Benennung *Sacbolates*, aufgeführt. Sie ist zusammengesetzter Natur und besteht aus Brennstoff, Luftsäure, und Wasser.

§. 483. Die Säure der Ameisen (Acidum formicarum) unterscheidet sich, nach gehöriger Reinigung, nicht von dem Essig des Pflanzenreichs, und hat auch ohne Zweifel einen bloß vegetabilischen Ursprung.

§. 484. Die thierischen Körper und alle ihre nähern Bestandtheile geben bey der Destillation für sich ebenfalls, wie die Pflanzenstoffe, eine große Menge Gas, und namentlich auch schweres brennbares

tes Gas und luftsaures Gas, und dann einen luftsauren flüchtigalkalinischen Geist, luftsaures flüchtiges Laugensalz in fester Gestalt, nebst empyreumatischem Oehle. Das Fett und der Milchzucker aber geben keinen flüchtigalkalinischen, sondern einen sauren Geist, wie die mehresten Pflanzenstoffe thun (§. 471.).

Die Entstehung dieser bey der trocknen Destillation thierischer Stoffe erhaltenen Producte läßt sich aus den im Vorhergehenden bey den einzelnen nähern Bestandtheilen angegebenen Grundstoffen erklären. So wird z. B. die brennbare Luft der Knochen aus dem Brennstoff, dem Wasser, der Luftsäure und der Phosphorsäure gebildet. Letztere ist auch ein Bestandtheil des daraus zu erhaltenden empyreumatischen Oehls, das auch deswegen sich in dem Geruche und andern Eigenschaften von dem empyreumatischen Oehle solcher Pflanzentheile und des reinen Fetts unterscheidet, die keine Phosphorsäure zum Bestandtheil haben.

§. 485. Das empyreumatische Oehl solcher thierischen Theile, die Phosphorsäure zum Bestandtheil haben, läßt sich zwar, wie alle brandigten Oehle, durch wiederholte Rectification bey gelindem Feuer völlig wasserhelle und ungefärbt darstellen, wo es nun minder eckelhaft von Geruch und Geschmack, flüchtig und dünn wird, und den Namen des thierischen Oehles (oleum animale *Dippelii*) führt; aber es erleidet an der atmosphärischen Luft sehr bald wieder Veränderungen, wird wieder dunkel von Farbe, zäher von Consistenz, minder flüchtig, schärfer und unangenehmer von Geruch und Geschmack. Der Grund dieser Veränderung scheint in der Dephlogistisirung des Oehls, oder in der Verminderung des Brennstoffs zu dem Verhältniß der darin enthaltenen Phosphorsäure durch die respirabele Luft zu liegen.

§. 486. Die Kohle, die nach der trocknen Destillation der thierischen Stoffe, worin die Phosphorsäure einen Bestandtheil ausmacht, zurückbleibt, ist, wie die Pflanzenkohle, schwarz, geruch- und geschmacklos, in Wasser, Oehlen und Weingeist völlig unauflösbar, im stärksten Feuer unschmelzbar; aber sie unterscheidet sich dadurch, daß sie weit schwerer einzuäschern ist.

Beyspiele dieser Kohle geben das Beinschwarz, das schwarzgebrannte Hirschhorn, schwarzgebrannte Elfenbein.

§. 487. Die Asche, welche nach dem gänzlichen Verbrennen der thierischen Kohle der oben (§. 476.) genannten Bestandtheile übrig bleibt, hat keine Spur von feuerbeständigem Laugensalze, wie die Asche der Gewächse (§. 474.), und die Asche der Gallerte, Lymphe, des fadenartigen Theils, und der Knochenmaterie ist phosphorsaure Kalkerde, mit mehr oder weniger Ueberschuß von luftsaurer Kalkerde.

Die Kohle dieser Theile besteht aus Brennstoff, Luftsäure, Phosphorsäure, und Kalkerde, und es läßt sich hieraus sehr gut erklären, warum auch diese Kohle beym Durchgang der glühenden Wasserdämpfe durch dieselbige und beym Ausschluß der respirabeln Luft brennbares Gas mit luftsaurem vermischt geben könne.

§. 488. Die Kohle der thierischen Theile, und namentlich der Gallerte, der Lymphe, des fadenartigen Theils vom Blute, und der Knochen ist noch besonders dadurch sehr merkwürdig, daß, wenn sie in verschlossenen Gefäßen mit reinen, ätzenden, feuerbeständigen Laugensalzen geglühet wird, sie der daraus mit Wasser auszuziehenden Lauge das Vermögen ertheilt, das Eisen aus seinen Auflösungen in

Säu-

Säure schön blau, oder als Berlinerblau niederzuschlagen. Das Laugensalz wird dadurch in seinen Eigenschaften sehr abgeändert, verliert den alkalischen Geschmack, und das Vermögen, die Pflanzenfarben, wie vorher, zu verändern, und läßt sich auch durch Abdunsten in tafelförmige Krystalle zum Anschießen bringen. Es heißt nun Blutlaugensalz, oder phlogistisirtes Laugensalz. Dem Berlinerblau selbst entzieht ätzendes Laugensalz, womit es auf nassem Wege digerirt wird, seine blaue Farbe, so daß nur ein schmutzigbrauner Eisenkalk übrig bleibt, und erlangt dadurch die Eigenschaften des Blutlaugensalzes. Auch die absorbirenden Erden geben durch Kochen mit Berlinerblau und Wasser Laugen, die das Vermögen haben, das Eisen aus seinen Auflösungen in Säuren zum Berlinerblau zu fällen.

Das färbende Wesen der Blutlauge ist, wie Hrn. Westrumbs schöne Versuche lehren, aus Brennstoff, Luftsäure und Phosphorsäure zusammengesetzt. Es zeigt die Eigenschaften einer flüchtigen Säure, wenn es abgesondert dargestellt worden ist, was durch Hülfe der Vitriolsäure aus dem krystallisirten Blutlaugensalze bey einer Destillation geschehen kann. Diese Säure nannte Hr. Scheele Berlinerblausäure (acidum caerulei berolinensis), Hr. Lavoisier giebt ihr den Namen preußische Säure (*Acide prussique*), und nennt die daraus verfertigten Neutral- und Mittelsalze *Prussiates*.

Viertes Hauptstück.

Von selbst erfolgende Veränderung der Mischung organischer Körper.

§. 489.

Alle organische Körper sind einer ganz von selbst erfolgenden Veränderung ihrer Mischung unterworfen,

sen, wenn sie bey einem hinlänglichen Grade der Wässerigkeit und Wärme von dem Zugange der respirablen Luft nicht ganz ausgeschlossen sind; wobey ihre Eigenschaften und also auch ihre Natur ganz verändert werden, und sich Producte erzeugen, die als solche vorher in den Körpern nicht präexistirten. Man belegt diese von selbst erfolgende Veränderung der Mischung mit dem Namen der Gährung (fermentatio). Da aber auch verschiedene unorganische Körper diese von selbst erfolgende Zerstörung ihrer Mischung unter den angeführten Bedingungen erfahren, wie z. B. das Verwittern der Kiese, das Rosten unedler Metalle, beweist, so sollte man billig jenen Namen zur allgemeinen Bezeichnung dieser von selbst sich ereignenden Mischungsveränderung brauchen; man hat ihn aber auf besondere Arten derselben bey organischen Körpern eingeschränkt; nämlich auf Weingährung (fermentatio vinosa), Essiggährung (fermentatio acida) und Fäulniß (putrefactio).

§. 490. Die süßlicht-schleimigten Körper des Pflanzenreichs, oder die mit dem Zuckerstoff versehenen, erfahren unter den Bedingungen der Gährung sehr bald eine auffallende Veränderung ihrer Mischung. Diese Bedingungen sind 1. ein gehöriger Grad der Wässerigkeit, eine Wärme von 55 bis 80 Gr. Fahrenh., und Zugang der Luft. Der ausgepreßte Saft der Weintrauben, oder der Most, kann hierbey als Beyspiel dienen. Sein Zuckerstoff kömmt unter jenen Bedingungen bald in bemerkbare Veränderung. Man verspürt nach kurzer Zeit in dem Moste eine innere Bewegung; die Masse dehnt sich mehr aus; die Durchsichtigkeit und Klarheit verliert

 sich;

sich; die Farbe verändert sich; es entwickelt sich eine große Menge von Luftblasen, deren Hervorbrechen ein hörbares Geräusch verursacht, und wenn die Materie einige Viscosität hat, eine mehr oder weniger dicke Schicht auf der Oberfläche der gährenden Materie (den Gäscht) bildet. Diese Luft ist luftsaures Gas. Nach einer längern oder kürzern Zeit lassen diese Wirkungen der Gährung nach; der Schaum verliert sich, die gegohrne Materie wird klar und helle, und die Entwickelung der Luftsäure hört gänzlich auf. Jetzt aber zeigt nun die gegohrne Materie eine ganz veränderte Natur. Der süße Geschmack des Mostes und seine Klebrigkeit hat sich ganz verlohren; er hat nun einen weinartigen Geruch und Geschmack angenommen, und berauschende Kräfte erhalten, die vorher im Moste nicht zugegen waren. Es hat sich zugleich ein dicker Satz, die Hefen (faex) geschieden, und zu gleicher Zeit ein wesentliches Salz, der Weinstein (§. 452.), in größerer oder geringerer Menge, je nachdem der Most mehr oder weniger herbe war, oder mehr oder weniger davon enthielt. Der so erhaltene Wein muß, wenn er nicht eine anderweitige Mischungsveränderung erfahren soll, den Bedingungen dazu entzogen, von den Hefen abgezogen, vor dem Zugang der Luft verwahrt, und an einem kühlen Ort aufbehalten werden. — Je größer die Menge des Zuckerstoffs im Moste, bey übrigens gleichen Umständen der Gährung, ist, um desto geistreicher wird der Wein. Bey einem sehr großen Verhältniß desselben zu dem Wässerigten des Wassers bleibt auch wol eine Menge desselben unzersetzt im Weine, und bildet so die süßen Weine, die hauptsächlich den wärmern südlichen Gegenden eigen sind,

da die säuerlichen Weine aus dem minder zuckerreichen Moste minder warmer Gegenden gebildet werden. Wein, der noch nicht ausgegohren hat, und in der Stärke seiner Gährung durch Ausschließung der Luft unterdrückt worden ist, hebt bey Wiedereröffnung derselben wieder zu gähren an, unter Entwickelung von vieler Luftsäure, wie der moussirende Wein beweist.

§. 491. Da der zuckerartige Bestandtheil des Pflanzenreichs die eigentliche zur Weingährung geschickte Materie ist, so können auch aus allen süßen oder schleimigtsüßen Säften dem eigentlichen Weine aus Traubensaft ähnliche weinartige Getränke bereitet werden; und die Wirthschaft hat die Menschen mehrere dergleichen gelehrt. Dahin gehört der Cider oder Apfelwein, der Johannisbeerwein, der Meth aus Honig, und endlich das Bier aus dem durch Malzen vorbereiteten Getraide, wo durch der Kleber des Mehls als Keim ausgeschieden, und so die Gährungsfähigkeit des Ganzen befördert wird.

§. 492. Bey solchen Stoffen, die nicht sehr geneigt zur Gährung sind, befördert man dieselbe durch Zusatz von Gährungsmitteln (Fermenta), d. i. von solchen Substanzen, die entweder schon in Gährung begriffen sind, oder leicht in dieselbe gerathen.

§. 493. Wenn man die gegohrnen weinartigen Getränke einer gelinden Destillation unterwirft, so kann man daraus eine Flüssigkeit absondern, in der alle berauschende Kraft des weinartigen Getränkes liegt, die einen starken und durchdringenden Geruch

und Geschmack hat, sich mit Wasser in allen Verhältnissen vermischen läßt, in einer geringern Hitze siedet, als das Wasser, in der gewöhnlichen Temperatur unserer Atmosphäre nicht gefriert, sich entzünden läßt, und ohne Rauch und Ruß mit einer bläulichen Flamme verbrennt, und den Namen des brennbaren Geistes oder Weingeistes (spiritus ardens, inflammabilis, spiritus vini) führt, wenn er auch gleich nicht aus eigentlich so genanntem Wein bereitet worden ist.

Dahin gehören: Franzbranntwein, Kornbranntwein, Rum, Arack, u. d. gl.

§. 494. Je mehr dieser Weingeist von den ihm nicht wesentlich beygemischten wässerigen Theilen durch gelinde Destillation befreyet ist, in einem desto stärkern Grade besitzt er die vorher erwähnten Eigenschaften. Der allerreinste heißt Alcohol, oder höchst rectificirter Weingeist (spiritus vini rectificatissimus). Er ist ein Auflösungsmittel für eine große Anzahl von Körpern; z. B. für die reinen Alkalien, verschiedene Neutral- und Mittelsalze, die Harze, die ätherischen Oehle, die Seifen, den Kampher, den zusammenziehenden Stoff, den Zucker.

Die Bestandtheile des Alkohols sind Wasser, Brennstoff, und Luftsäure; also eben dieselben, als im Zucker, im Schleime, in der Weinsteinsäure, im Essig, u. a., nur in einem andern Verhältnisse gegen einander, als in diesen, vorzüglich in einem verminderten Verhältnisse der Luftsäure zum Brennstoff. Beym Durchgang durch glühende irdene oder gläserne Röhren wird er zum brennbaren und luftsauren Gas, was sich aus seinen Bestandtheilen leicht erklären läßt. Eben so wird er auch durch Entziehung eines Antheils seines Brennstoffs und Wassers vermittelst der Salpetersäure zur Sauerkleesalzsäure.

Nach dem System des Hrn. Lavoisier besteht der Alcohol bloß aus Wasserstoff und Kohlenstoff.

§. 495.

§. 495. Aus der innigen und genauen Vereinigung des Alcohols mit der concentrirten Vitriolsäure erzeugt sich ein neues merkwürdiges Product, die **Vitriolnaphtha**, oder der **Vitrioläther**, eine Flüssigkeit von einem eigenen, angenehmen, aber durchdringenden, Geruche und Geschmack, die noch leichter ist, als Weingeist, sich im Weingeist leicht auflöst; und auch einigermaßen im Wasser, da zehn Theile des letztern einen Theil davon in sich nehmen; sehr leicht und schnell verdunstet, und dabey eine ansehnliche Kälte erzeugt; sich leicht anzünden läßt, auch schon in der Entfernung von der Flamme eines Lichtes, und mit einer starken und hellen Flamme verbrennt. Auch einige andere Säuren bringen mit dem Weingeiste besondere Arten von Aether hervor; wovon die **Salpeternaphtha**, die **Essignaphtha**, Beyspiele geben.

Alle Arten der Naphtha bestehen aus Brennstoff, Luftsäure, Wasser, und der zu ihrer Bereitung angewandten Säure; und ihre Entstehung läßt sich aus der Entziehung eines Theiles des Wässerigten des Alcohols durch die angewandte Säure, und den Beytritt eines Antheils der letztern erklären; wobey auch freylich eine Quantität Weingeist ganz zersetzt wird.

§. 496. Die Theorie der Weingährung und die Entstehung des brennbaren Geistes dabey, läßt sich nur aus der Vergleichung der Bestandtheile des der Gährung fähigen Stoffs und der Producte nach der Gährung gehörig herleiten. Die Erfahrung lehrt, daß nur der Zuckerstoff oder auch die schleimigtzuckerartige Materie des Pflanzenreichs der Weingährung fähig sey, wenn sie den gehörigen Grad der Verdünnung mit Wasser hat. Die Bestandtheile dieses im Wasser aufgelößten, schleimigt-zuckerartigen Stoffes

sind Brennstoff, Luftsäure und Wasser. Durch Hülfe der Wärme, die eine Bedingung zur Gährung ist, wird zuerst der größte Antheil der Luftsäure luftförmig, und entweicht als luftsaures Gas (§. 490). Nach Ausscheidung eines gewissen Antheils derselben befinden sich nun die übrigen Grundtheile in einem andern Verhältnisse zu einander; der Zuckerstoff bleibt nicht mehr Zuckerstoff, weil dieser nur von der Verbindung des Brennstoffs mit der Luftsäure in einem andern Verhältnisse stattfand; es werden vielmehr jetzt bey dem veränderten Verhältniß der Brennstoff, die geringere Menge der Luftsäure, und das Wasser zusammen ein anderes Product bilden müssen, nemlich den brennbaren Geist. Wir könnten also sagen, Alcohol sey Zucker, worin durch Entwickelung eines Theils der Luftsäure das Verhältniß des Brennstoffs zu derselben größer geworden, und der zugleich noch in eine innige Verbindung mit dem Auflösungswasser gebracht ist. Der erzeugte brennbare Geist kann ferner nicht mehr die Bestandtheile aufgelöst erhalten, die vorher das Wasser des der Gährung unterworfenen Stoffs aufgelöst hatte; daher trübt sich die Mischung, und es sondern sich nach der verschiedenen Beschaffenheit und Mischung der gährenden Flüssigkeit verschiedene Substanzen ab; wie z. B. Schleim und Weinstein, die, wenn der Wein wenig Geistiges, d. i., wenig Alcohol enthält, auch wol noch in dem übrigen Wässerigen in ziemlicher Menge aufgelöst bleiben können.

§. 497. Wenn die Bedingungen der Gährung (§. 490.) auf den schon fertigen Wein fortdauren, so erleidet er eine anderweitige Veränderung der Mischung, wobey seine vorher erlangte Eigenschaften wieder-

nun verlohren gehen. Wird nemlich der Wein, oder ein anderes weinartiges Getränk, in einem offenen Gefäße einer anhaltenden Wärme von 70 bis 85 Gr. Fahrenh. ausgesetzt, so wird er wieder trübe, wenn er vorher klar war; er wird mit einer kahnigen Haut bedeckt, eine gewisse Menge fadenartiger Materie trennt sich aus ihm los; allmählig wird die Flüssigkeit wieder klar und helle, nachdem sich die getrennten Materien davon abgesondert haben; aber nun findet man allen geistigen Geruch und Geschmack, und alle berauschende Kraft verlohren, und die Flüssigkeit ist jetzt offenbar sauer geworden, und heißt Essig (Acetum). Aus dem vollkommenen Essig läßt sich durch Destillation kein brennbarer Geist mehr absondern, wie aus dem Weine. Die respirable Luft, an welcher die Essiggährung vergeht, wird allmählig zur Stickluft, und in ihrem respirablen Antheil vermindert.

§. 498. Jedes gegohrne weinartige Getränk ist dieser Verwandlung in Essig, oder der Essiggährung fähig. Ferner sind auch der Schleim, die Stärke, die wesentlichen sauren Pflanzensalze, das Mehl zu dieser Essiggährung unter den dazu nöthigen Bedingungen zu bringen. Wenn hierbey der Zuckerstoff in der nöthigen Menge fehlt, so werden sie zu Essig, ohne daß eine weinigte Gährung vorher durch die Sinne bemerkt werden kann. Es ist also nicht immer nothwendig, daß die Weingährung der Essiggährung vorhergehe.

§. 499. Da die Essigsäure flüchtig ist (§. 458.), so läßt sich auch dieselbige aus dem Essig durch eine Destillation absondern, und von den übrigen fremdarti-

artigen, im Essig aufgelösten, z. B. weinsteinartigen und schleimigten Theilen, trennen, wobey aber doch die wässerigten Theile mit der Essigsäure verbunden übergehen. (Destillirter Essig.)

§. 500. Die Essigsäure selbst ist kein Educt aus den der Essiggährung unterworfenen Stoffen, sondern ein Product. Sie besteht aus Brennstoff, Luftsäure und Wasser (§. 458.), also aus denselbigen Bestandtheilen, als der Alcohol (§. 494.), aber in einem weit geringern Verhältniß des Brennstoffs zu den übrigen Bestandtheilen, als es in diesem der Fall ist. Eben so ist auch der Zucker, der Schleim, die Weinsteinsäure, die auch zur Essiggährung geschickt sind, aus diesen Bestandtheilen, wiewohl in andern Verhältnissen, zusammengesetzt (§. 451. 452.). Das wirkende Agens bey der Essiggährung ist die respirable Luft, die durch ihre Anziehung zum Brennstoff diesen dem im Wasser verdünnten Schleime und Alcohol, Zucker und Weinsteinsauren allmählig entzieht, und darin so vermindert, daß er in Verbindung mit Luftsäure und Wasser nur noch Essigsäure constituiren kann. Dies wird vollkommen dadurch bestätigt, weil Schleim, Alcohol, Zucker, Weinsteinsäure, Sauerkleesäure, Apfelsäure, u. d. gl. m. durch Dephlogistisirung mit Säuren auch zur Essigsäure werden können.

§. 501. Die letzte Periode der von selbst erfolgenden Veränderung der organischen Wesen, die sich mit der gänzlichen Zerstörung derselben, und mit der Zerstreuung aller ihrer flüchtigen oder expansiblen Theile endiget, heißt die Fäulniß, oder die faulende Gährung, bey festen Körpern auch Verwesung.

fung. Da alle Pflanzen- und thierische Stoffe, die zur weinigten und sauren Gährung geschickt sind, die sie endlichen Fäulniß unterworfen sind, so hat man dieselbe auch als eine Fortsetzung jener erstern Arten der Gährung angesehen, was aber nicht von allen, sondern nur von den Stoffen gilt, die solche Bestandtheile besitzen, welche zur Erzeugung des Spiritussen oder der Essigsäure fähig sind. Andere Substanzen des Thier- und Pflanzenreichs gehen in Fäulniß und Verwesung, ohne daß man etwas von den erstern Arten der Gährung bey ihnen wahrnehmen kann. Ausgenommen sind von der wahren Fäulniß: Harze, natürliche Balsame, fette Oehle, ätherische Oehle, reines Fett, die reinen Pflanzensäuren (§. 452 — 458.), Zucker, Weingeist, Kampher, Kohle. In der genauen Vermischung und Vermengung der übrigen zur Fäulniß geschickten Substanz gehen sie aber mit in die Verwesung und völlige Zersetzung über.

§. 502. Die Bedingungen, unter welchen die Fäulniß und Verwesung Statt hat, sind dieselbigen, als bey der Wein- und Essiggährung (§. 490). 1) Eine der vorzüglichsten ist der gehörige Grad der Feuchtigkeit. Völlig trockene thierische oder vegetabilische Substanzen faulen nicht. 2) Wärme; die aber nicht von dem Grade zu seyn braucht, als bey der Wein- und Essiggährung. Wenn indessen dadurch die Feuchtigkeit ganz zum Verdunsten gebracht ist, so kann die Fäulniß gehindert oder unterbrochen werden. 3) Zugang der respirablen Luft; doch scheint er nicht in allen Graden der Fäulniß erforderlich zu seyn. 4) Ruhe.

§. 503.

§. 503. Die Erscheinungen der Fäulniß sind unendlich verschieden und mannigfaltig, sowohl nach den Substanzen, die ihr unterworfen sind, als nach der Stärke und Beschaffenheit der zugelassenen Bedingungen. Sie sind anders bey Pflanzen, als bey Thieren, anders bey diesen, als bey jenen Producten derselben; sie erfolgen früher oder später, gehen schneller oder langsamer fort; und eben darin liegt ein Grund mit, warum sich keine allgemeine Theorie der Fäulniß, dieser grossen Operation der Natur, wodurch sie zerstört, um productiv zu werden, entwerfen läßt.

§. 504. Die thierischen Flüssigkeiten und die weichen festen Theile sind unter den angeführten (§. 502.) Bedingungen besonders leicht zur Fäulniß geneigt. Wenn man so z. B. frisches saftiges Fleisch in einem offenen Gefäße einer mäßigen Wärme von etwa 60 Gr. Fahrenh. aussetzt, so verändert sich zuerst seine Consistenz und Farbe. Die erstere wird vermindert, die letztere wird etwas dunkeler, und das Fleisch erhält einen faden oder dumpflichten Geruch, der aber noch nicht eigentlich fauligt ist. Nicht lange nachher verändern sich die Eigenschaften mehr; es entwickelt sich ein kurz vorübergehender säuerlicher Geruch, der einem unangenehmen, stinkenden Geruche bald Platz macht. Die Farbe des Fleisches wird bläulich, sein Geschmack eckelhaft und widerwärtig, sein Zusammenhang lockerer. So wie die Fäulniß nun fortgeht, und die Wässerigkeit, die Hauptbedingung zur Fäulniß, nicht fehlt, vermindert sich der Zusammenhang des Fleisches immer mehr; der Umfang und das Gewicht nimmt ab; die organische Structur wird aufgelöst; es fängt an

zu

zu zerschmelzen; der Geruch wird immer stinkender, unerträglicher, zugleich etwas stechend, und mit dem Urindösen des flüchtigen Laugensalzes deutlich verbunden. Unter diesen Erscheinungen wird das Fleisch endlich ganz aufgelöst, und verwandelt sich zuletzt, unter einem höchst widerwärtigen Geruche, in eine Art von Jauche, wobey der Geruch des flüchtigen Laugensalzes endlich gar nicht mehr wahrgenommen werden kann. Jetzt ist die Fäulniß vollendet; allmählig verliert der faulende Geruch von seiner Stärke; die flüssige Consistenz vermindert sich wieder; die Feuchtigkeit verdunstet; es wird alles trocken und zerreiblich, und es bleibt zuletzt nur noch eine geringe Portion einer schwarzgrauen unschmackhaften Erde übrig.

Die thierischen Flüssigkeiten, als Blut, Lymphe, Harn, u. d. gl. erleiden die Stufen der Fäulniß noch schneller, als die weichen und festen Theile. Wenn die Massen der letztern groß sind, so können auch wol Jahre vergehen, ehe die Fäulniß ganz vollendet ist, und bey einem ungleichen Zutritt der Luft können die verschiedenen Theile zu gleicher Zeit in sehr verschiednen Graden der Fäulniß begriffen seyn. Die Verminderung der Bedingungen zur Fäulniß kann verursachen, daß die Erscheinungen der letztern nur unmerklich erfolgen.

§. 505. Wenn weiche, frische, saftige Pflanzen in nicht zu kleinen Massen an einen mäßig temperirten Ort in einem offenen Gefäße fest zusammengedrückt hingestellt werden, so fangen sie in kurzer Zeit an, sich inwendig zu erhitzen, und diese Erhitzung nimmt manchmal bis zu einem sehr beträchtlichen Grade zu. Die grüne Farbe der Pflanzen verändert sich in eine schwärzliche; der Zusammenhang der Fasern nimmt immer mehr ab; sie werden weich und endlich breyartig. Der natürliche Geruch der Pflan-

zen

gen verliert sich gleich anfangs sehr bald, und es folgt ein säuerlicher, bald vorübergehender; dann ein eigenthümlicher nauseöser, der zuletzt offenbar fauligt ist, aber doch nicht ganz das Widerwärtige und das der menschlichen Natur so Unausstehliche der in der höchsten Stufe der Fäulniß begriffenen thierischen Theile hat. Zuletzt trocknet die breyartige Masse immer mehr aus, der unangenehme Geruch verliert sich allmählig, und es bleibt endlich nach ziemlich langer Zeit ein kleiner Antheil schwarzgrauer Erde übrig.

§. 506. Aus den in Fäulniß begriffenen thierischen Körpern läßt sich durch Destillation derselben flüchtiges Laugensalz absondern; so wie dies flüchtige Alkali auch unter dem faulen Geruche versteckt ist. Indessen kann man keinesweges behaupten, daß der eigentlich faule Geruch bloß von diesem entwickelten Alkali herrühre; er ist vielmehr gar sehr von dem urinösen Geruche des reinen flüchtigen Alkali verschieden, welches gar nicht das Widerwärtige besitzt, als jener. Dieses widrige, faulriechende, flüchtige Wesen der in Fäulniß begriffenen Körper möchte ich für das eigentliche Product der faulenden Gährung halten, in dem Sinne, wie es das Spirituöse für die Weingährung, die Essigsäure für die saure Gährung ist; und ich wäre geneigt, es von der Verbindung des Brennstoffs mit der Phosphorsäure der faulenden Stoffe herzuleiten, und dies um so eher, da auch das Phosphorgas gewissermaßen den unangenehmen Geruch faulender Stoffe zeigt. Sollte nicht auch das Leuchten verschiedener faulender Körper daher zu leiten seyn?

§. 507.

§. 507. Die Luft, worin faulende Körper eingeschlossen sind, wird in einem hohen Grade zum Athmen und zum Unterhalten des Verbrennens verdorben. Sie wird theils mit luftsaurem, theils mit brennbarem Gas beladen, und ihres respirablen Antheils beraubt, der sich in phlogistisirtes Gas verwandelt. Das brennbare Gas, das man aus dem Schlamme stehender Gewässer durch Aufrühren desselben entwickeln kann, (Sumpfluft) ist ebenfalls ein Product der Fäulniß. Es kömmt mit dem aus Pflanzen und thierischen Stoffen durch Destillation derselben zu erhaltenden brennbaren Gas überein, und hat auch Brennstoff, Luftsäure und Wasser zu Bestandtheilen.

Aless. Volta lettere al *P. G. Campi* sull' aria inflammabile nativa delle paludi. Como 1776. 8. 1778. 8. Briefe über die natürlich entstehende Sumpfluft von Hrn. Alex. Volta, a. d. Ital. Winterthur 1778. 8.

§. 508. Abgehalten wird die Fäulniß durch die Entfernung der dazu erforderlichen Bedingungen (§. 502.); und alle die Körper, denen man eine eigene fäulnißwidrige oder antiseptische Kraft zuschreibt, wirken in der That auf keine andere Art, als daß sie die Bedingungen zur Fäulniß entfernen. Wir brauchen also keine eigenthümliche Kraft dieser Art in der Natur anzunehmen. Zu den Mitteln, die Fäulniß abzuhalten, gehört 1) das Austrocknen, wodurch die hauptsächlichste Bedingung, die Feuchtigkeit, entfernt wird; 2) der Frost, wodurch die Feuchtigkeit in den festen Aggregatzustand versetzt, und also so gut wie entfernt wird; 3) das gänzliche Ausschließen der respirablen Luft, wie das Uebergießen mit Harz, Wachs, Oehl, u. d. gl.

gl. obgleich dies nicht immer schützt, wenn in den Zwischenräumen der zur Fäulniß geneigten Körper selbst viel Luft enthalten ist; 4) der Weingeist, der theils durch Entziehung der Wässerigkeit, theils durch Ausschluß der Luft wirkt; 5) das Einsalzen, das in der That nur in sofern Fäulniß von den dazu geeigneten Substanzen abhält, in so fern es ihnen das Wasser entziehet; weswegen es auch in zu geringer Menge angewendet die Fäulniß eher befördert, als abhält; 6) das Räuchern, was hauptsächlich durch Austrocknung wirkt; 7) das luftsaure Gas und andere irrespirable Luftarten, die hauptsächlich durch Ausschluß der respirablen Luft, also durch Entfernung einer Bedingung, Fäulniß abhalten; 8) zusammenziehende Stoffe, wegen der dadurch bewirkten Verhärtung, Verdichtung, und Austrocknung der Fasern; daher sie auch unzulänglich und selbst vor dem Verderben nicht geschützt sind, wenn hinlängliche Feuchtigkeit bey ihnen ist; endlich 9) Bewegung der Theile, durch welche auch die Natur selbst ihre organische Wesen vor der Zerstörung durch Fäulniß sichert, die sogleich anfängt, wenn die Lebensbewegung und die der flüssigen Theile aufhört.

John Pringle some experiments on substances resisting putrefaction, in den *philos. transact. n.* 495, 496; Einige Versuche mit Materien, welche der Fäulniß widerstehen, von J. Pringle, übers. im neuen hamb. Magaz. B. X. S. 300. ff. Experimental essays by *Dav. Macbride*, Lond. 1764. gr. 8. Dav. Macbride durch Erfahrungen erläuterte Versuche über verschiedene Vorwürfe, a. d. Engl. von Conr. Rahn. Zürch 1766. 8.

§. 509. Bey der Fäulniß und Verwesung wirken ähnliche Kräfte, als bey den vorigen Arten der Gährung, und es gehören auch gleiche Bedingungen

gen dazu; aber die Phänomene sind nach Verschiedenheit der Grundstoffe faulender Körper so sehr verschieden, daß sich doch im Allgemeinen keine Theorie davon angeben läßt. Aufgehobenes Gleichgewicht zwischen den Verwandtschaftskräften der Bestandtheile organischer Wesen durch und nach Abscheidung eines Theiles des Brennstoffs vermittelst der respirablen Luft, des luftsauren Gas vermittelst der Wärme, Entbindung und Freywerdung des Wärmestoffs durch die Veränderung der Mischung, Verwandlung der nunmehr sich in andern Verhältnissen verbindenden Stoffe in expansible Flüssigkeiten vermittelst der Wärme, sind gewiß die Grundursachen der Erscheinung der Fäulniß; allein wie viel ist hier noch zu bestimmen und zu untersuchen übrig!

§. 510. Die nach der völlig vollendeten Verwesung der thierischen und vegetabilischen Substanzen übrig bleibende Erde, heißt Dammerde (Humus). Sie ist noch brennbarhaltig, und enthält die in den Substanzen vor der Verwesung enthaltenen erdigten Theile. Es verdiente aber wol eine nähere Untersuchung, ob sie auch noch alles das feuerbeständige Laugensalz, was die Pflanzen, und alle die Phosphorsäure, die die thierischen Theile vor der Verwesung enthielten, in sich habe, was ich sehr bezweifle. Sie ist, wegen ihrer ungemein feinen Zertheilung fähig, mit der Feuchtigkeit in den Saftröhren der Pflanzen aufzusteigen, so zu einer Nahrung für die darin wachsenden Pflanzen, und also wieder zu Bestandtheilen neuer organischen Wesen zu werden.

§. 511. Die aus der Verwesung thierischer und vegetabilischer Körper zurückbleibende Erde enthält ge-

gewöhnlich mehr oder weniger in die Sinne fallende Salztheile, deren Daseyn vor der Verwesung in ihnen nicht wahrgenommen werden konnte. Es giebt nemlich solche Erde, wenn sie mit Wasser ausgelaugt wird, beym Zusatz des Gewächslaugensalzes, Salpeter, und die Salpetersäure macht unter gewissen Umständen einen Bestandtheil dieser von der Verwesung übrig bleibenden Erde gewöhnlich aus. Ich muß bekennen, daß die Theorie der Erzeugung dieser Salpetersäure noch vieler Aufklärung bedarf; indessen könnte es doch wol wahrscheinlich seyn, daß das flüchtige Laugensalz, oder noch mehr die Phosphorsäure der verwesenden Substanzen an dieser Erzeugung den größten Antheil habe, zumal da neuere Versuche des Hrn. Milner den Uebergang des flüchtigen Laugensalzes in Salpetergas beym Durchgang durch glühende eiserne Röhren erweisen.

Milner über die Erzeugung der Salpetersäure und Salpeterluft; in Grens Journal der Phys. B. III. S. 83. ff.

* * *

Ich habe bey diesem kurzen Abriß der Bestandtheile der Körper der drey Naturreiche mein System der Chemie zwar zum Grunde gelegt, das unter dem Titel: Systematisches Handbuch der gesammten Chemie, Halle, Th. I. B. I. 1787. B. II. 1789, und Th. II. 1790. 8. herausgegeben ist, und die weitere Ausführung der hier kurz vorgetragenen Sätze enthält; man wird indessen bey genauerer Vergleichung mehrere, zum Theil beträchtliche, Abänderungen mancher Lehren selbst wahrnehmen, wovon ich in diesem jetzt gelieferten kurzen Abriß die Gründe nicht mit vortragen konnte, die ich aber bey einer bevorstehenden neuen Ausgabe meines chemischen Handbuchs darlegen werde. — Was die weitere Entwickelung des Lavoisierschen Systems der Chemie betrifft, so verweise ich in dieser Hinsicht auf dessen *Traité elementaire de Chimie, a Paris 1789. T. I. II.* 8. und des Hrn. *Fourcroy Elemens d' Histoire naturelle et de Chimie.* Troisieme Edition, à Paris 1789. Vol. I — V. 8.

Zwey,

Zweyter Abschnitt.

Lichtmaterie.

§. 512.

Bey Tage, und bey der Erhellung der Körper durch Feuer oder durch leuchtende Körper, bringen die Gegenstände in unsern gesunden Augen eine Empfindung zuwege, welche jedermann unter dem Namen des Sehens kennt, wodurch wir in den Stand gesetzt werden, von der Lage, Figur, Größe, und Bewegung der sichtbaren Gegenstände urtheilen zu können.

§. 513. Die materielle Ursach dieser Empfindungen nennt man **Licht**, oder **Lichtmaterie** (materia lucis). Außer dem Sinne des Gesichts kann dies Wesen freylich von keinem andern Sinne empfunden werden. Da es aber das Organ des Gesichtes rührt, ihm sogar beschwerlich und schmerzhaft werden kann, da wir es vermehren, vermindern, absondern, einschließen, messen, figiren und versetzen können, kurz, da es im Raume und in der Zeit enthalten ist; so trage ich gar kein Bedenken, sein materielles Daseyn anzunehmen, und ihm objective Realität zuzuschreiben.

§. 514. Der Zustand der Körper, die in unsern Augen die Empfindung des Sehens hervorbringen, heißt **Erleuchtung** oder **Helligkeit** (claritas), welchem die **Dunkelheit** oder **Finsterniß** (obscuritas) entgegengesetzt ist, die, wie niemand zweifelt, kein eigenes dunkelmachendes Wesen voraussetzt, sondern bloße Abwesenheit des Lichts ist.

§. 515. Diejenigen Körper, die aus sich das Licht entwickeln, und also für sich allein die Empfindung des Sehens verursachen, heißen **leuchtende Körper** (corpora lucentia), und dahin gehören die Sonne, die Fixsterne, alle brennende Körper; alle andere Körper aber, die uns nur durch Hülfe jener sichtbar werden, heißen, wenn sie die Empfindung des Sehens bewirken, **erleuchtete** oder **erhellte Körper**.

Schwachleuchtende Körper können durch starkleuchtende aber auch ganz unsichtbar, oder zu bloß erleuchteten gemacht werden, weil die gleichzeitige stärkere Empfindung in einem und demselben Organ die ungleich schwächere vermischt. So sieht man Phosphor beym Tageslicht nicht leuchten, nur erleuchtet, und die Gestirne sind unserm bloßen Gesichte dann ganz unsichtbar.

§. 516. Wenn wir durch gewisse Körper die gerade Linie unterbrechen, die von unserm Auge zu den leuchtenden oder erleuchteten Gegenständen gezogen werden kann, so können wir diese nicht mehr sehen; verschiedene andere Körper hingegen verhindern es in diesem Falle nicht, sondern wir können durch sie die körperlichen erleuchteten Gegenstände wahrnehmen. Jene heißen **opake** oder **undurchsichtige Körper** (corpora opaca); diese **durchsichtige** (corpora transparentia, diaphana, pellucida). Die Durchsichtigkeit derselben leidet übrigens verschiedene Stufen. Sie hängt nicht von der Menge der Zwischenräume, sondern von der geradlinigten Richtung des Lichts in der Masse ab, wie weiter unten näher erläutert werden wird.

Nöthige Erinnerung hiebey, wegen des Sehens vermittelst der durch Spiegel reflectirten Strahlen.

§. 517. Wenn das Licht der Sonne durch eine kleine Oeffnung in ein verfinstertes Zimmer fällt, so findet man; daß die Erleuchtung der hinter einander liegenden Lufttheilchen eine gerade Linie macht. Da aber auch erleuchtete Gegenstände nicht wahrgenommen werden können, wenn die gerade Linie zwischen ihnen und unsern Augen durch undurchsichtige Körper unterbrochen wird, so muß sich das Licht sowohl von den leuchtenden, als erleuchteten Körpern in geraden Linien fortpflanzen.

§. 518. Die Theilchen des Lichtes, die in einer geraden Linie sich hinter einander bewegen, nennt man einen Lichtstrahl (radius lucis). Die durchsichtigen Körper (§. 516.) müssen diese Lichtstrahlen durch sich nach unserm Auge hindurchgehen lassen, sonst würden wir durch sie hindurch die sichtbaren Gegenstände nicht wahrnehmen können.

§. 519. Da man einen Körper von allen Seiten, auf welche das Licht auf ihn fällt, sehen kann, so müssen aus jedem Puncte des sichtbaren Körpers Lichtstrahlen gegen alle Seiten zu nach geradlinigten Richtungen ausfließen. Das Licht ist also eine strahlende, elastische Flüssigkeit, die durch Expansivkraft ursprünglich afficirt wird (§. 340.). Seine Theilchen bewegen sich im leeren Mittel von der Quelle aus, wo sie frey werden, ungehindert nach allen Seiten zu, wie die Radii einer Kugel vom Mittelpuncte nach der Peripherie. Wir können uns also die Verbreitung des Lichts von jedem leuchtenden oder erleuchteten Puncte als eine Sphäre von einer unbestimmten Größe vorstellen, deren Centrum der strahlende Punct einnimmt, und deren Radii

die Lichtstrahlen sind. Um ferner die Phänomene des Lichts vollständig erklären zu können, sind wir genöthiget, es als eine discrete Flüssigkeit zu denken, deren Theilchen durch große Zwischenräume in Beziehung auf ihre Durchmesser von einander abgesondert sind, und deren strahlende Theilchen sich nicht berühren. Das Licht hält daher auch den Lauf des Lichts nicht auf. Der scheinbare Zusammenhang der Lichtstrahlen in der Länge und Breite hat nur subjective Gründe. Wäre das Licht eine zusammenhängende, und keine discrete Flüssigkeit, so würden sich, wie doch die Erfahrung das Gegentheil lehrt, zwey leuchtende Ströme nicht durchkreuzen können, ohne sich zu unterbrechen; die zahllosen Durchkreuzungen und Zurückstrahlungen des Lichts, die es erleidet, würden seine geradlinigte Richtung gänzlich stören, und es würde in unsern Augen alle die Eigenschaften verlieren, die von dieser Richtung abhängen. Diese Feinheit und Dünne der Theilchen des Lichts in Beziehung auf die Abstände derselben von einander übersteigt freylich unsere Einbildungskraft. Das Licht ist endlich eine imponderable Flüssigkeit, deren Theilchen keine Schwerkraft afficirt, die mit der Verbreitung des Lichts nach allen Seiten zu, und mit seiner geradlinigten Strahlung im Widerspruch seyn würde."

Ueber das Gleichgewicht des Feuers, vom Hrn. Prevost, in Grens Journal der Phys. B. VI. S. 325. §. 1.

§. 520. Die Geschwindigkeit der Ausbreitung der Theilchen des Lichts vom strahlenden Puncte ist so groß, daß die Zeit, die es braucht, um einen auf der Erde zu übersehenden Raum zu durchlaufen, für uns

uns nicht mehr meßbar ist. Indessen ist diese Bewegung doch nicht instantan, oder ohne Zeit, wie man ehemals glaubte, sondern für sehr große Räume allerdings meßbar, und nicht außer aller Vergleichung groß, wie die Astronomie lehrt. Den sichersten Beobachtungen derselben zufolge durchläuft das Licht den Weg von der Sonne zur Erde, oder den Raum, der dem mittlern Halbmesser der Erdbahn oder 23430 Halbmessern der Erde gleich ist, in 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Secunden. Diese Geschwindigkeit verhält sich zu der, mit welcher die Erde um die Sonne läuft, wie 10313 : 1; zu der Geschwindigkeit, mit welcher ein Punct des Aequators der Erde bey ihrer Umdrehung um die Achse geführt wird, wie 653539 : 1; und zu der Geschwindigkeit des Schalles beynahe wie 976000 : 1. Diese Geschwindigkeit des Lichts giebt also binnen Einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographischen Meilen. Außer dieser großen Geschwindigkeit des Lichts und aus der Dauer der Empfindung in unserm Organ nach empfangener Impression läßt es sich denn auch erklären, warum uns die Theilchen des Lichts und die Strahlen desselben als zusammenhängend vorkommen können, ob es gleich eine discrete Flüssigkeit ist (§. 519.).

Römer, ein dänischer Astronom, beobachtete mit Cassini in den Jahren 1671 bis 1675 die Verfinsterungen der Jupitersmonden fleißig, und fand, daß bey den verschiedenen Stellungen der Erde in ihrem Kreislauf um die Sonne die Zeit des Austritts des ersten Monden aus dem Schatten des Jupiters nicht so erfolgte, als es der Berechnung nach hätte seyn müssen. Es sey z. B. (Fig. 55.) S die Sonne, T die Erde, und TQM ihre Bahn um die Sonne, ꝛc. der Halbmesser dieser Bahn, I der Jupiter und BA ein Theil seiner Bahn um die Sonne, L der erste Mond des Jupiters, und Labo die Bahn dieses Monden um den Jupiter. Wenn die Erde sich in

in T befindet, und der Beobachter auf derselben nimmt den Austritt des Jupitersmonden L aus dem Schatten des Jupiters in l wahr, so wird er diesen Austritt etwa nach 42 St. und 30 Minuten abermals wahrnehmen, und, wenn die Erde in T bliebe, in 30 mal 42 St. 30 Minuten den Austritt des Jupitersmonden aus dem Schatten des Jupiters 30 mal beobachten können. Die Erde legt aber in dieser Zeit einen Theil ihrer Bahn zurück, und gelangt in t an. Wenn nun das Licht Zeit braucht, um sich fortzupflanzen, so wird der Beobachter auf der Erde in t diesen Austritt später beobachten, als da die Erde in T war, und es muß folglich zu der Zeit von 30 mal 42 St. 30 Min. noch so viel Zeit hinzukommen, als das Licht braucht, um die Differenz des Raums lT und lt zu durchlaufen. Römer las am 22. Novbr. 1675 in der Academie der Wissenschaften zu Paris eine Abhandlung über diese allmählige Fortpflanzung des Lichtes vor, die er aus seinen Beobachtungen gefolgert hatte. Cassini und Maraldi widersprachen ihm (*Mem. de l'acad. roy. des sc.* 1707. S. 36. und 102.), Huygens hingegen (*tr. de lumine* S. 6.) und Newton (*princ. philos. nat.* S. 207.) pflichteten ihm bey. Bradley endlich setzte durch die von ihm gemachte Entdeckung der Aberration der Fixsterne diese allmählige Fortpflanzung außer allen Zweifel, und seine genaueren Bestimmungen haben gelehrt, daß, wenn die Differenz des Raums von lT und lt dem Halbmesser der Erdbahn te gleich sey, das Licht eine Zeit von 8 Min. 7½ Secunde brauche, um ihn zu durchlaufen, oder daß das Licht, um von der Sonne bis zur Erde zu kommen, 8 Min. 7½ Sec. Zeit verwende. (*Bailly* histoire d' astronomie moderne, T. II. S. 674.) Römer selbst hat nichts von seinen Beobachtungen schriftlich hinterlassen.

Aus dieser großen Geschwindigkeit des Lichts, und aus der Dauer des Eindrucks desselben auf die Netzhaut unseres Auges, läßt es sich denn leicht erklären, wie uns der Ausfluß des Lichts als ein ununterbrochener Strom, und die Strahlen als zusammenhängend vorkommen können, ohngeachtet dies in der Wirklichkeit nicht so ist. Wenn man eine glühende Kohle schnell im Kreise schwingt, so scheint sie einen ununterbrochenen glühenden Kreis zu bilden, obgleich die Kohle an den verschiedenen Stellen desselben nach einander, nicht zugleich, ist. Hr. von Segner (Progr. de raritate luminis, Goetting. 1740. 4.) folgert hieraus, daß der Eindruck des Lichts auf der Netzhaut des Auges ½ Secunde daure. Wir wollen annehmen, daß er nur 1/6 Secunde daure, so wird das Licht binnen dieser

ser Zeit einen Weg von nahe 5 Halbmessern der Erde durchlaufen. Es können also in einem Lichtstrahl die Theilchen um 5 Halbmesser der Erde von einander abstehen, und sie erscheinen uns doch zusammenhängend! Man sieht also leicht, daß zahllose Durchkreuzungen der Lichtstrahlen ohne Störung ihrer geradlinigten Verbreitung bestehen können (§. 520.). Zugleich erhellet daraus, wie das Licht, ohngeachtet seiner großen Geschwindigkeit, wegen der Feinheit seiner Theilchen, oder der Geringfügigkeit seiner Masse, doch keine bemerkbar widerstehende Masse ist.

* * *

Die Lehre, nach welcher das Licht als eine eigene Substanz, und die Lichtstrahlen für die Wege materieller aus den leuchtenden Körpern ausfließenden Theilchen gehalten wird, heißt das Emanationssystem, das erst, seitdem es Newton zum Grunde legte, und seine herrlichen Entdeckungen in der Lehre vom Licht darauf bauete, sein großes Ansehen erhalten hat. Schon bey den Alten war die Meinung herrschend, daß das Licht ein Ausfluß eines substantiellen Wesens sey; Epikur, Empedokles, und die Corpuscularisten überhaupt nahmen sie an, und machten daraus Erklärungen des Sehens, die aber freylich das Gepräge der gänzlichen Unbekanntschaft mit dem Phänomene des Lichts, die uns die Experimentaluntersuchungen späterer Zeiten gelehrt haben, an sich tragen. Aus einer falsch verstandenen Stelle des Aristoteles (*De mente II. 7.*) nahmen die Scholastiker Anlaß, das Licht für unkörperlich, für eine bloße Qualität zu erklären. Ihre Gründe waren: 1) weil man sonst einen leeren Raum in der Natur annehmen müsse; 2) weil die Luft von Finsterniß zum Licht komme, ohne bemerkbare Theilung, ohne irgend eine Bewegung; 3) weil das Licht vom härtesten Crystall, vom Wasser, u. d. gl. durchsichtigen Körpern aufgenommen werde, und also an einem und eben demselben Ort mit diesen Körpern sey: est ergo Accidens receptum in corpore, in quo aliud omnino corpus admitti non potest: 4) weil, wenn das Licht Substanz wäre, seine augenblickliche Verbreitung nicht begriffen werden könnte. Andere Gründe waren von der bey der Materialität des Lichts entstehenden Hemmung und Hinderung der leuchtenden Ströme in ihrer Bewegung, von der daraus folgenden Verminderung der Sonnenmasse, von der Unermeßlichkeit der Ausflüsse, die davon stattfinden müßten, hergenommen. Einige dieser Gegengründe müssen von selbst wegfallen, andere werden nachher näher beantwortet werden. Cartesius (*Princip. philos. P. III.* §. 55. 63. 64. *Dioptrica* §. 3. 4. ff.) hielt das Licht für den Impulsus der Materie seines zweyten Elements, der von der schnellen Bewegung eines leuch-

leuchtenden Körpers herrühre. Durch die schnelle und heftige Bewegung der Theilchen des ersten und feinsten Elements würden die harten Kügelchen des zweyten Elements von allen Seiten gedrückt und gestoßen, und es pflanze sich dieser Stoß im Moment, ohne Zeit, durch alle geradlinigte Reihen dieser Kügelchen fort. Diesem System steht entgegen, daß der reelle Raum, der dabey im Universum angenommen wird, der Möglichkeit der Bewegung offenbar widerspricht; daß die Fortpflanzung des Lichts nicht instautan ist; daß sich daraus nicht einsehen läßt, warum z. B. das dichtere Glas durchsichtig, das lockrere Papier es nicht ist; daß nach dieser Hypothese folgen würde, daß nirgends Finsterniß seyn könne, indem sich der Impulsus der Kügelchen des zweyten Elements nach allen Richtungen fortpflanzen müßte; und endlich daß das Daseyn dieses Elements ganz nur fingirt, nicht erwiesen ist. Huygens suchte dies Cartesianische System dadurch zu verbessern (*Traité de la Lumiere, Leide* 1690. 4.), daß er der Materie, von deren Impulsus die Empfindung des Lichts abhänge, und der er den Namen Aether giebt, Elasticität zuschreibt, und die Fortpflanzung des Lichts in derselben durch wellenförmige Bewegung, oder Wirbel, welche jedes von dem leuchtenden Körper bewegte Theilchen um sich her errege, erklärt. Diese Huygensche Meinung hat Euler (*Nova theoria lucis et colorum*; in seinen *Opusc. varii argument. Berol.* 1746. S. 169. ff., und *Lettres à une Princesse d'Allemagne T. I. L.* 17—31) in seiner so berühmt gewordenen Theorie zum Grunde gelegt, und dem Gebäude durch seine scharfsinnigen Berechnungen und fruchtbare Anwendung sehr viele Liebhaber erweckt. Er nimmt an, daß eine höchst subtile und elastische Materie, oder der Aether, im Weltraum ausgebreitet sey. Dieser Aether ist, seiner Berechnung zu Folge, 38736100 mal dünner, als die Luft, seine Elasticität ist aber 1287 mal größer, als die der Luft. Leuchtende Körper sind solche, deren Oberfläche in einem schnellen Zittern ihrer Theilchen ist, die dadurch den berührenden Aether eben so bewegen, wie die schallenden Körper durch ihre Schwingungen die Luft. Die Pulsus des Aethers pflanzen sich nach allen Seiten zu fort, wie die Radii einer Sphäre von ihrem Mittelpuncte. Die Succession dieser Schläge in einer und derselben geraden Linie macht den Lichtstrahl aus. Durchsichtige Körper sind solche, deren Substanz diese Schläge selbst fortpflanzt; undurchsichtige hingegen solche, deren Theilchen vom Aether in Schwingung gesetzt werden, und demselben eben so wieder, wie die leuchtenden Körper, neue Pulsus ertheilen. Euler bestreitet zur Begründung seiner eigenen Hypothese das Newtonsche Emanationssystem mit folgenden Gründen: 1) Wenn sich die Natur nur bey geringen Distanzen der Ausflüsse bedient, z. B. beym Geruch, um die Empfindungen zu erregen, bey weitern Distanzen hin-

hingegen, wie zur Fortpflanzung des Schalles, keine solche Ausflüsse braucht, so muß sie auch, um noch entferntere Dinge dem Gesichte empfindbar zu machen, diese andere Fortpflanzungsart gewählt haben. — Ich muß gestehen, daß ich die Bündigkeit des Schlusses von dem Warum? auf das Wie? nicht gehörig einsehe. 2) Beym Emanationssystem müßten die Himmelsräume mit der Materie des Lichts so angefüllt seyn, und dies müßte mit einer so großen Geschwindigkeit bewegt werden, daß dadurch die Planeten in ihrem Laufe gestört werden würden. — Allein nicht zu gedenken, daß ein Theil dieses Einwurfs auf das Eulersche System selbst zurückfällt, und daß er so gut, wie ganz, verschwindet, wenn man das Licht als eine discrete Flüssigkeit betrachtet, deren Theilchen in so großen Zwischenräumen von einander abstehen, und mit einer solchen Geschwindigkeit bewegt werden, daß diese z. B. in einem Lichtstrahl 5 Erdhalbmesser von einander entfernt seyn können, und er uns doch als eine zusammenhängende Linie erscheinen kann. 3) Die unzählbaren Lichtstrahlen müßten sich nach so vielen Richtungen durchkreuzen, daß sie durch ihren Anstoß an einander, sich in ihren Bewegungen nothwendig hemmen und stören würden. — Der Einwurf fällt weg, sobald man nicht annehmen darf, daß das Licht in einem concreten Strome von den leuchtenden Körpern ausfließe, sondern eine discrete Flüssigkeit mit so ungemeinem Abstande ihrer Theilchen ist. 4) Die Sonne müßte durch den beständigen Ausfluß der Lichtstrahlen von derselben einen Abgang ihrer Masse erleiden, und wenn diese Verminderung der Sonne noch 5000 Jahre unmerklich seyn sollte, so müßte die Dichte der Lichtstrahlen an der Erde eine Trillion mal geringer seyn, als die Dichte der Sonne, welches unbegreiflich sey. — Hierauf aber läßt sich doch wol antworten, daß sich aus unserer subjectiven Unbegreiflichkeit kein Schluß auf die objective Unmöglichkeit machen läßt; und daß durch einen uns unbekannten Kreislauf das Licht wieder zur Sonne, als seiner Quelle, gebunden oder frey zurückkehren kann, um als freyes Licht von da wieder ausgesendet zu werden. Die Dünne des Lichts, die Euler berechnet, kann auch noch geringer seyn, ohne daß sie deswegen einen Widerspruch in sich selbst enthielte. Eine gleiche Bewandtniß hat es 5) mit der unbegreiflichen Geschwindigkeit, die, nach dem Emanationssystem, das Licht in seiner Bewegung haben müßte. Endlich 6) der Einwurf, daß die durchsichtigen Körper alle nach geradlinigten Gängen so durchbohrt seyn müßten, daß für die undurchdringliche Materie derselben kein Raum übrig bleibe, ist ebenfalls wieder von einer blos subjectiven Unbegreiflichkeit der Materie an sich hergenommen, die gegen die objective Realität der letzteren gar nichts beweisen. Nehmen wir nicht beym Lichtstrahl Stetigkeit an, obgleich keine da ist? Halten wir nicht

nicht den Stundenzeiger der im Gange begriffenen Taschenuhr für ruhend, ob er sich gleich bewegt? Wenn wir also schon solche Abstände bey dem Auseinanderseyn der Theile nicht mehr unterscheiden können, wie wollen wir verlangen, daß wir die Porosität des Glases und der durchsichtigen Körper fürs Licht sollten wahrnehmen können, dessen unbegreifliche Feinheit wir gern eingestehen wollen? Ueberdem wird auch, wie die Erfahrung lehrt, von allen durchsichtigen Körpern ein großer Theil des Lichts wirklich zurückgeworfen und intercipirt. — Dagegen läßt sich auf der andern Seite gegen die Eulersche Theorie vom Aether selbst anführen, 1) daß dabey ein Wesen angenommen wird, dessen Daseyn nur vorausgesetzt, nicht erwiesen ist, 2) daß, wenn dieser Aether als eine concrete Flüssigkeit angesehen wird, er bey der genauen Berührung seiner Theilchen alles mit vollkommener Dichte ausfüllen müßte, und er im Grunde mit dem cartesianischen Elemente übereinkommen würde, gegen welches die Beweglichkeit der Körper spricht; 3) daß aber, wenn er als discrete Flüssigkeit angesehen werden soll, sehr große Schwierigkeiten gegen die Ausbreitung und Fortpflanzung seiner Schläge stattfinden, und die ganze Eulersche Hypothese überhaupt damit nicht bestehen kann; 4) daß sich das Licht ganz anders ausbreitet, als die Schallwellen; denn das Sonnenlicht, das durch eine Oeffnung in ein finsteres Zimmer fällt, müßte nicht blos in der geraden Linie, die sich von der Sonne durch die Oeffnung ziehen läßt, sondern an allen Orten im Zimmer gesehen werden, so wie man den Schall vor der Oeffnung außer dem Zimmer in demselben an allen Stellen hört. Dies und die einfachen, ungezwungenen Erklärungen bey dem Phänomen des Lichts nach dem Newtonschen System, die Modificationen, die es offenbar bey andern Phänomenen erleidet, die Veränderung der Mischung, die es in den Körpern hervorbringt, die Erzeugung der Verbrennlichkeit bey dem Wachsthum der Pflanzen, an dem das Licht so großen Antheil haben muß, wenn er gedeihen soll, die Bildung von Luftarten durch Beytritt des Lichts zu gewissen Substanzen, die Verwandlung des Silberkalks durch bloßes Licht in brennbarhaltiges Silber, alles dies giebt der Lehre von der Existenz einer eigenen Lichtmaterie ein entscheidendes Uebergewicht über die Lehre, daß das Licht nur ein Zustand des Aethers sey.

Geradlinigte Fortpflanzung des Lichts.

§. 521. Ohngeachtet also die Theilchen des Lichts, die uns als Strahlen erscheinen, an sich keinen ununterbrochenen Strom ausmachen, so können

wir

wir uns doch hier die Sache so vorstellen, wie sie uns erscheint, und wir können also zur Erleichterung der Erklärung die Lichtstrahlen als gerade Linien ansehen, die vom strahlenden Puncte nach der Sphäre zugehen, die wir uns um den leuchtenden Punct denken können, und deren Mittelpunct dieser strahlende Punct ist.

§. 522. Es folgt zugleich hieraus, daß die Lichtstrahlen, die von einem sichtbaren Puncte ausfahren, und auf die Hornhaut oder Pupille unseres Auges oder sonst auf eine runde Fläche fallen, einen **Strahlenkegel** bilden müssen, dessen Grundfläche an unserm Auge oder an der anderen Fläche, und dessen Spitze an dem strahlenden Puncte ist.

§. 523. Wenn die **Stärke des Lichts** (intensitas lucis) von der Menge der auf eine Fläche fallenden Lichtstrahlen abhängt, so sieht man auch leicht ein, daß sich dieselbe umgekehrt verhalten müsse, wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Fläche von dem strahlenden Puncte (§. 523.); ferner, daß von einerley strahlendem Puncte bey gleicher Entfernung weniger Lichtstrahlen auf einerley Fläche fallen müssen, wenn die Achse des Lichtkegels schief, als wenn sie senkrecht darauf ist, und daß immer desto weniger Strahlen auf die Fläche fallen müssen, je schiefer der Auffallswinkel der Achse des Lichtkegels ist.

Es sey c (Fig. 56.) ein strahlender Punct, von welchem rund herum Lichtstrahlen ausfließen. Ein Theil dieses Lichts werde von der Kreisfläche ACB aufgefangen, deren Durchmesser AB ist, so ist cAB ein Strahlenkegel, dessen Spitze c und dessen Grundfläche ACB ist. Die dem strahlenden Puncte c zugekehrte Seite der Kreisfläche ACB wird von demselben Erleuchtung erhalten und alles Licht empfangen, das zwischen den äußern Strahlen cA und cB an der Peripherie des Kegels enthalten

ten ist. Wird nun diese Kreisfläche nur halb so weit vom strahlenden Puncte c in ab gestellt, so daß, wie vorher, die Achse desselbigen Strahlenkegels cC senkrecht auf ihrem Mittelpuncte steht, so wird nur der vierte Theil dieser Kreisfläche von eben den Strahlen erhellet werden, die vorher die ganze Fläche erhellten. Denn die Kreisflächen verhalten sich wie die Quadrate der Durchmesser, und der Durchmesser der Durchschnittsfläche des Kegels, die bey dem auf der Achse senkrecht geführten Schnitt in der halben Entfernung derselben von der Spitze entsteht, ist halb so groß. ABC empfängt also bey der noch einmal so weiten Entfernung von c auf ihrer ganzen Fläche nicht mehr Lichtstrahlen von c, als der vierte Theil derselben Fläche, wenn sie in ab oder in der halben Entfernung von c steht. Der Theil der Fläche, der in ab alle Strahlen eben dieses Strahlenkegels auffängt, wird also bey der doppelten Entfernung von c in AB nur den vierten Theil der Strahlen dieses Strahlenkegels empfangen, folglich bey der doppelten Entfernung viermal weniger vom strahlenden Puncte c erleuchtet werden, und die Intensität der Erleuchtung wird sich also umgekehrt verhalten, wie das Quadrat der Entfernung vom strahlenden Puncte.

Wenn ferner die Achse cC des Lichtkegels cAB nicht senkrecht auf der Fläche ACB steht, sondern diese schief dagegen, wie dB, gestellt wird, so lehrt der Augenschein, daß alsdenn nicht mehr alle zwischen cA und cB enthaltene Strahlen die Fläche treffen können, sondern ein Theil vorbeygeht, und also weniger Lichtstrahlen sie erhellen müssen, als vorher.

Wenn also bey der Entfernung z. B. von 10 Fuß von der Flamme einer brennenden Wachskerze kleine Schrift mit einer gewissen Deutlichkeit gelesen werden kann, so werden bey der Entfernung von 20 Fuß vier solcher Flammen der Wachskerze nöthig seyn, um die Schrift in eben der Stärke der Erleuchtung wahrzunehmen. Doch ist dies Exempel nicht ganz passend.

§. 524. Die Lichtstrahlen, welche bey ihrer Entwickelung aus dem strahlenden Puncte ausfahren, entfernen sich natürlicherweise immer weiter von einander, und heißen **divergirend, auseinanderfahrend** (radii divergentes), und ihre Divergenz muß desto größer seyn, je größer der Winkel an der Spitze des Strahlenkegels wird. Sonst können

nen

nen aber auch Lichtstrahlen (wie dies in der Folge erhellen wird) von einer Fläche nach einem Puncte hin zusammenlaufen, oder convergiren (radii convergentes), und es muß ebenfalls die Convergenz derselben desto größer werden, je näher die Spitze des Strahlenkegels der Grundfläche desselben zutritt.

Es sey (Fig. 57.) AB eine Kreisfläche, die vom strahlenden Puncte c Erleuchtung erhält, so ist cAB ein Strahlenkegel, und der Winkel, welchen die zwey äußern Strahlen an den entgegengesetzten Puncten der Peripherie A und B mit einander in c machen, AcB. Wird dieselbige Grundfläche dem strahlenden Puncte c näher gestellt, wie in ab, so wird der Winkel acb, den nun die äußern Strahlen in dem entgegengesetzten Puncte der Peripherie a und b bilden, größer, die Größe der Divergenz der Strahlen wird so aus der Größe des Winkels in C beurtheilt.

Es laufe ferner ein Strahl (Fig. 58.) von A nach c, und ein anderer von B nach c, so heißen sie nun convergirend, und die Größe ihrer Convergenz wird durch den Winkel AcB ausgedrückt. Wenn nun eben diese Strahlen früher zusammentreffen, wie Af und Bf, so wird der Winkel AfB größer seyn, und man sagt, ihre Convergenz sey größer.

§. 525. Wenn die Fläche, welche die divergirenden Strahlen von einem strahlenden Puncte auffängt, sich weiter vom letztern entfernt, so wird auch der Winkel der äußersten an entgegengesetzten Puncten der Peripherie der Fläche auffallenden divergirenden Strahlen kleiner; und bey einer sehr großen Entfernung endlich so klein, daß der Winkel für uns ganz verschwindet, und daß man die auffallenden Strahlen als parallel ansehen kann, die also dann einen Strahlencylinder zu bilden scheinen.

§. 526. In einem freyen Mittel würde die Stärke des Lichts paralleler Strahlen bey ihrem Fortgange nicht vermindert werden; sie wird es aber

aber in durchsichtigen Körpern, weil diese wegen ihrer Undurchdringlichkeit nicht völlig und nie so durchsichtig sind, daß sie gar keine Strahlen aufhalten sollten. Je dichter das Mittel ist, desto stärker ist auch die Schwächung des Lichts in gleichen Entfernungen. Ueberhaupt aber nimmt die Stärke des Lichtes darin nach einer geometrischen Progression ab, wenn das Medium homogen und gleichförmig dicht ist.

Es sey ein durchsichtiges Medium, von homogener Natur, dessen Dichtigkeit in allen Theilen gleichförmig sey, und worin also das Verhältniß der Theile, die das Licht intercipiren, zu denen die es durchlassen, einerley sey, in dem Ganzen, wie in einzelnen Schichten des Ganzen. Man denke sich nun das ganze Medium in gleiche Schichten abgetheilt, so ist klar, daß, wenn das Verhältniß der Theilchen des Raums, die das Licht intercipiren, zu denen, die es durchlassen, wie $x : 1$, und die Lichtmenge, die als parallel in die erste Schicht tritt, durch 1 ausgedrückt wird, so wird der davon aufgehaltene Theil $\frac{1}{x}$ seyn. Die durch die erste Schicht durchgehende Lichtmenge wird also $1 - \frac{1}{x}$ seyn; in der zweyten Schicht des Mediums wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{1}{xx}$ aufgefangen werden, folglich wird durch diese zweyte Schicht nur die Menge des Lichts gehen, die durch $1 - \frac{1}{x} - \frac{1}{x} + \frac{1}{xx} = 1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$ ausgedrückt wird. In der dritten Schicht wird davon der Theil $\frac{1}{x} - \frac{2}{xx} + \frac{1}{xxx}$ wieder aufgehalten werden, folglich wird durch diese dritte Schicht nur die Lichtmenge $1 - \frac{2}{x} + \frac{1}{xx} - \frac{1}{x} + \frac{2}{xx} - \frac{1}{xxx} = 1 - \frac{3}{x} + \frac{3}{xx} - \frac{1}{xxx} = \left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$ hindurchgehen, und zur vierten gelangen, u. s. w. Wenn also die Stärke des Lichts, d. i. die Menge des

Lichts,

Lichts, das in parallelen Strahlen auf die erste Schicht trifft, durch 1 ausgedrückt wird, so ist sie auf der zweyten gleichen Schicht $= 1 - \frac{1}{x}$, auf der dritten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^2$, auf der vierten $\left(1 - \frac{1}{x}\right)^3$. Sie nimmt folglich in einer geometrischen Progression ab. Sind die Strahlen divergirend, so nimmt es auch noch überdem in der Progression $1, \frac{1}{4}, \frac{1}{9}, \frac{1}{16}$ ꝛc. in den auf einander folgenden homogenen, gleichen, Schichten ab, und aus beiden Progressionen folgt, daß das Licht dann in der Progression $1 - \frac{1}{x}$, $\left(1 - \frac{\frac{1}{x}}{4}\right)^2$, $\left(1 - \frac{\frac{1}{x}}{9}\right)^3$, $\left(1 - \frac{\frac{1}{x}}{16}\right)^4$ abnehme.

Scherffer Institutiones physicae, P. II. S. 416. ff. 306. ff. Versuche und Beobachtungen über die Schwächung des Lichts beym Durchgang durch durchsichtige Körper sehe man bey Bouguer (*Traité d'Optique sur la gradation de la lumiere, à Paris* 1760. gr. 4.) und Lambert (*Photometria, Aug. Vindel.* 1760. 8.

§. 527. Durch undurchsichtige Körper wird das Licht in seinem Fortgange unterbrochen. Diese Unterbrechung des Lichtes nennt man Schatten (umbra), dessen Dunkelheit von der Menge des aufgehaltenen Lichtes, und von der geringern oder größern Klarheit der benachbarten erleuchteten Gegenstände herrührt. Schatten ist daher Abwesenheit des Lichtes, oder Verminderung des Lichtes, und jeder opake Körper hat so viele Schatten, als ihn leuchtende Körper erhellen. Der Schatten ist eigentlich keiner Bewegung fähig; und vollkommener Schatten ist nur durch seine Gränzen erkennbar.

§. 528. Nicht allein die Seite des dunkeln Körpers, auf welche keine Lichtstrahlen von einem strahlenden Puncte fallen, steht im Schatten, sondern jener

ner wirft auch einen Schatten auf andere hinter ihm stehende Körper, da die Lichtstrahlen in gerader Linie fortgehen (§. 517). Diese letztere Art des Schattens heißt **gerader Schatten** (umbra recta), wenn er auf eine Horizontalebene fällt, auf welcher der dunkele Körper vertical stehet, und **umgekehrter Schatten** (umbra versa), wenn er auf eine gegen den Horizont vertical stehende Ebene durch einen horizontal stehenden dunkeln Körper fällt, wie z. B. durch einen Stab, der in einer Mauer steckt.

§. 529. Aus der geradlinigten Ausbreitung des Lichtes folgt, daß die Figur des Schattens von den äußern Lichtstrahlen, die an der Gränze des Dunkeln zunächst vorbeystreichen, bestimmt werde; daß der Schatten des Körpers bey seinem Fortgange breiter werde, wenn der leuchtende Körper kleiner ist, als der dunkele; daß der Schatten des Körpers abnehme, wenn der Durchmesser des leuchtenden Körpers bey derselbigen Entfernung vom dunkeln Körper größer wird; daß der Schatten einer dunklen Kugel cylindrisch sey, wenn sie gleichen Durchmesser mit der leuchtenden hat, conisch, wenn sie beide ungleichen Durchmesser haben; daß im letztern Fall der Schatten die Figur eines umgekehrten abgekürzten Kegels habe, und bey seinem Fortgange unbegränzt sey und immer breiter werde, wenn der Durchmesser der dunkeln Kugel größer ist, als der der leuchtenden; und endlich, daß der Schatten in eine Spitze auslaufe, wenn der Durchmesser der leuchtenden Kugel größer ist, als der dunkeln. Ferner ist die Länge des geraden Schattens auf einer horizontalen Ebene ohne Gränzen, wenn der leuchtende Punct, oder der leuchtende Körper, kleiner ist, als der dunkele, und nicht höher

her steht, als der dunkele; steht er aber höher, als der dunkele, und ist er als ein Punct zu betrachten, so ist die Länge dieses geraden Schattens begränzt, und verhält sich zur Perpendicularhöhe des dunkeln Körpers, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es sey (Fig. 59.) AB ein dunkeler Körper, der auf der Horizontalebene BD vertical steht. In S sey ein leuchtender Punct, der nun gegen die ihm zugekehrte Seite des Körpers AB Lichtstrahlen sendet. Die abgewendete Seite von AB steht aber dagegen im Schatten, und der Körper AB verhindert auch, daß in der Länge BC Licht auf die Horizontalebene BD falle. SAC ist der erste Lichtstrahl, der von S auf die Ebene fallen kann, und begränzt so die Länge des Schattens BC. Die Höhe des leuchtenden Punctes S über AB wird durch den Winkel SCB gemessen, dessen Sinus AB ist. Da BC dem Cosinus AF gleich ist, so sieht man leicht, daß CB : AB = AF : AB, oder daß sich die Länge des Schattens zur Höhe des Objects verhält, wie der Cosinus der Höhe des leuchtenden Körpers zum Sinus dieser Höhe.

Es folgt hieraus, daß, wenn die Höhe des leuchtenden Punctes über der Horizontalebene, auf welcher der dunkele Körper senkrecht ist, 45° beträgt, die Länge des geraden Schattens gleich der perpendiculären Höhe des Objects sey.

§. 530. Von diesem wahren Schatten oder Kernschatten (§. 527 — 529.) ist noch der Halbschatten (penumbra) zu unterscheiden, der zwischen Schatten und Licht liegt, wohin erleuchtende Strahlen nur von einigen Puncten des leuchtenden Körpers, nicht aber von andern fallen können. Er findet daher statt, so oft der leuchtende Körper einen merklichen Durchmesser hat, und ist um desto größer, je größer der scheinbare Durchmesser des leuchtenden Körpers gegen den des dunkeln Körpers ist.

Die Gränzen des Kernschattens sind da, wo, wenn sich das Auge daselbst befände, der leuchtende Körper von

 dem-

demselben ganz gesehen zu werden aufhören würde; und die Gränze des Halbschattens ist da, wo ein Theil des leuchtenden Körpers verdeckt zu werden anfängt. Es sey (Fig. 60.) Sf die Sonne, AB der Durchschnitt einer auf der Horizontalebene BE senkrecht stehenden Mauer. So lange sich das Auge in ED befindet, kann es die Sonne ganz sehen; so wie es nach D kömmt, wird der untere Rand der Sonne f die Gränze von A zu berühren scheinen, und hier fängt der Halbschatten an, der bis nach C reicht. Innerhalb CD kann zwar Licht von einigen, aber nicht von allen Puncten der Sonnenscheibe fallen, und zwar immer von desto wenigern, je näher der Raum gegen C zu liegt. In C ist die Gränze des Kernschattens, und ein Auge in C empfängt den äußersten Strahl von dem obern Rande S der Sonnenscheibe, und zwischen C und B kann es gar nichts mehr davon sehen. Der Halbschatten wird daher auch um desto dunkeler, je näher er der Gränze des Kernschattens liegt, und verwischt sich um desto mehr, je näher er der Gränze der vollkommenen Erleuchtung kömmt. Wird nun auch noch von andern Puncten zurückstrahlendes Licht auf die im Halbschatten liegende Fläche geworfen, so ist er auch wol gar nicht mehr gehörig in seiner Gränze zu unterscheiden.

Aus diesem Halbschatten ist es herzuleiten, warum bey Mondfinsternissen vor der wirklichen Verfinsterung der Mond schwächer erleuchtet zu werden anfängt. Es sey (Fig. 61.) S die Sonne, T die Erde, L der Mond, AB ein Theil seiner Bahn um die Erde. Da der Durchmesser der Sonnenkugel größer ist, als der der Erdkugel, so ist der konische Kernschatten der letztern begränzt (§. 529.), und läuft in eine Spitze aus, wie VPp. Er wird begränzt durch die Strahlen MQV und mqV. Man ziehe nPA und NpB, so bestimmen diese die Gränze des anfangenden Halbschattens AD und BC. Wäre ein Auge in A, so würde es noch die ganze Sonnenscheibe zuletzt sehen; innerhalb AD und BC aber nur einen Theil derselben. So wie also der Mond in den Raum AD tritt, so empfängt er nicht mehr von der ganzen Sonnenscheibe, sondern nur von einem Theil derselben Licht; er erscheint also minder erleuchtet, wird blässer oder dunkler, und dies um desto mehr, je näher er nach D kömmt, wo der wahre Schatten anfängt. Eben so ist es bey seinem Austritt aus dem wahren Schatten bey C, wo er immer heller zu werden anfängt, je näher er nach B kömmt.

Die Länge des Kernschattens TV läßt sich bestimmen, wenn die Entfernung der Erde von der Sonne TS = po, und die Halbmesser der Erde Tp und der Son-

Sonne Sm bekannt sind. Die äussersten Strahlen MP und mp berühren beide Kugeln, und laufen in V zusammen. Wenn daher Sm und Tp auf der Tangente mpV senkrecht sind, und qo mit TS parallel ist, so sind die Dreyecke moq und pTV ähnlich, und es ist mo : op (oder ST) = Tp : TV. mo aber ist = Sm — Tp. Folglich ist $TV = \frac{Tp \times ST}{Sm - Tp}$. Oder auch, weil die Dreyecke SMV und TPV ähnlich sind, so ist SM : TP = SV : TV oder SM : TP = ST + TV : TV, folglich SM — TP : TP = ST : TV, und daher $TV = \frac{TP \times ST}{SM - TP}$; oder die Länge des Kernschattens der Erde ist gleich dem Producte aus dem Halbmesser der Erde durch die Entfernung des Mittelpunctes der Sonne vom Mittelpunct der Erde, dividirt durch die Differenz des Halbmessers der Sonne und der Erde.

Zurückstrahlung des Lichts.

§. 531. Die Lichtstrahlen, welche durch einen Körper in ihrem Fortgange aufgehalten, sonst aber davon nicht gebunden werden, werden wieder zurückgeworfen. Diese Veränderung der Richtung des Lichtes, wodurch sie wieder in das Mittel, aus welchem sie kommen, zurückgeschickt werden, heißt die **Zurückstrahlung oder Reflexion des Lichtes** (reflexio lucis); und das allgemeine Gesetz derselben ist: **Daß der Einfallswinkel dem Reflexionswinkel gleich ist.**

Man hat diese Zurückstrahlung des Lichts nach den Gesetzen des Stoßes federharter Körper an harten Flächen (§. 268.) zu erklären gesucht; aber dabey offenbar die Expansivkraft oder eigentliche Elasticität mit der Federhärte (§. 123.) verwechselt, welche letztere man doch wol einer discreten Flüssigkeit, wie das Licht ist, nicht zuschreiben kann. Newton (*Opt. L. II. P. 3. prop. 9.*) leitet weit natürlicher die Zurückwerfung des Lichts von eben derselbigen Ursach her, von der auch die Brechung abhängt, nur daß sie unter verschiedenen Umständen sich anders äußert. Dasjenige Licht nemlich, das durch den Körper nicht hindurch geht, oder von ihm nicht angezogen wird, wird durch die reflectirende

so abgestoßen, als ob eine Repulsionskraft in dieser Fläche selbst wäre. Er zeigte auch, daß die schief auffallenden Lichtstrahlen nicht eigentlich unter einem spitzen Winkel zurückgeworfen, sondern vor der Berührung erst gekrümmt und in die Gestalt einer Curve gebracht werden, deren erhabene Seite gegen die Fläche zugekehrt ist. Ist diese Krümmung so stark geworden, daß die Lichttheilchen parallel gegen die Zurückstrahlungsfläche gehen, so kann es sich derselben nicht weiter nähern, sondern weicht nach dem Satze von der Zerlegung der Kräfte in eben der Bahn zurück, als es ankam, bis es, wenn es aus dem Wirkungskreise der Fläche getreten ist, nach der Tangente der Curve geradlinigt, und wie leicht einzusehen ist, unter eben dem Winkel gegen die reflectirende Fläche, als es ankam, zurückstrahlt. Der Strahl dringt desto tiefer in den Wirkungskreis der Repulsion ein, je gerader er auf der zurückstrahlenden Fläche steht.

Alles dies läßt sich nun eben so erklären, wenn man annimmt, daß eine Expansivkraft der Lichtmaterie ursprünglich afficirt, der, wenn sie nicht durch Bindung der Einsaugung des Lichts von der Materie des Körpers ganz aufgehoben wird, desto mehr widerstanden wird, je näher das Lichttheilchen der Materie kömmt, die nicht damit cohärirt. Bey dem schief einfallenden Strahle läßt sich nach der Lehre von der Zusammensetzung der Kräfte, seine bewegende Kraft in eine perpendiculäre und parallele, in Ansehung der Fläche, auf welche er fällt, zerlegen. Es sey LMNO ein solcher reflectirender Körper, LM seine reflectirende Fläche, Ai ein schief darauf fallender Lichtstrahl. Der Bewegung des Lichttheilchens werde schon in CD von der Fläche LM zu widerstehen angefangen. Die Bewegung desselben in der Richtung Ai kann zerlegt werden, in die Kräfte nach der Richtung AP und Pi. Nur die Perpendiculärkraft Pi kann Widerstand erleiden, nicht die Parallelkraft AP. Je mehr nun das Lichttheilchen unterhalb CD sich der Fläche LM nähert, desto mehr wird seine Expansivkraft thätig, die es von LM zu entfernen strebt. Die Perpendiculärgeschwindigkeit Pi leidet desto mehr Verminderung, je näher das Lichttheilchen gegen LM kömmt. Die parallele AP kann keine erleiden. Der Lichtstrahl beschreibt also eine Curve io. Ist das Lichttheilchen in o gekommen, und seine vorige Perpendiculärgeschwindigkeit Pi nun ganz aufgehoben, so würde es nach der mit der Fläche LM parallel laufenden Richtung fortgehen; die gegen LM aber thätig gewordene Expansivkraft treibt es wieder nach der Richtung hE = iP, und da sie immer um de-

so kleiner wird, je weiter sich das Lichttheilchen von LM entfernt, so beschreibt es von o an die andere Hälfte der Curve ob eben so, als es bey seiner Ankunft io beschrieb, und geht bey b, wo die Thätigkeit der Expansivkraft nicht weiter zunimmt, nach der Tangente bB geradlinigt fort. Ai und Bh sind Tangenten der von dem Scheitel o der Curve gleich weit entfernten Puncte, und oi und oh sind gleich; daher sind auch die Winkel, welche die Tangenten Ai und Bh mit LM zu machen scheinen, oder AFL und BFM, gleich. Obgleich also das Licht nicht eigentlich unter scharfen Winkeln zurückgeworfen wird, so können wir doch in der Folge die Sache so betrachten, weil die Lichtstrahlen eben so zurückgeworfen werden, daß, wenn sie bis zur Berührung der reflectirenden Fläche verlängert würden, sie daselbst einen scharfen Winkel bilden würden.

Nach Euler sind spiegelnde Körper solche, deren Theilchen durch die Schwingungen des Aethers nicht selbst in Bewegung gesetzt werden, sondern die Pulsus desselben bloß unter dem Reflexionswinkel zurücksenden.

Carol. Benvenuti Diss. de lumine. Rom. 1754. Vienn. 1761. 4.

§. 532. Wenn man daher einen Sonnenstrahl in einem finstern Zimmer mit einem gemeinen Spiegel auffängt, so findet man, daß der Strahl von dem Spiegel in gerader Linie unter eben dem Winkel wieder zurückgehet, welchen der auffallende Strahl mit dem Spiegel machte. Es sey AB der Planspiegel (Fig. 63.). Der Strahl DC, welcher von dem leuchtenden Körper nach dem Spiegel hingeht, heißt der **einfallende Strahl** (radius incidens); die gerade Linie, welche auf den Einfallspunct C senkrecht gegen den Spiegel gezogen werden kann, oder FC, heißt das **Einfallsloth** (cathetus incidentiae); der Winkel DCF, welchen der einfallende Strahl mit diesem Einfallslothe macht, der **Einfallswinkel** (angulus incidentiae); der Strahl CG, der vom Spiegel zurückgeht, der **zurückgeworfene Strahl**

(ra-

(radius reflexus), und der Winkel GCF, welchen er mit dem Einfallslothe bildet, der Zurückstrahlungswinkel (angulus reflexionis).

§. 533. 1) Der reflectirte Strahl liegt mit dem einfallenden und dem Einfallslothe in einerley Ebene. 2) Jeder perpendiculär auffallende Strahl wird von einer reflectirenden Ebene in sich selbst zurückgeworfen. 3) Jeder Punct einer reflectirenden Ebene reflectirt das Licht von allen Puncten des leuchtenden oder erleuchteten Objects.

§. 534. Aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 531.) folgt ferner, daß, wenn der reflectirende Körper eine ebene Fläche ist, die darauf fallenden parallelen, divergirenden oder convergirenden Strahlen bey der Reflexion denselben Parallelismum, dieselbe Divergenz oder Convergenz behalten, die sie vor dem Einfallen hatten.

1) Es sey AB (Fig. 64.) eine reflectirende ebene Fläche, auf welche die parallelen Strahlen EC, ec auffallen. Da sie parallel sind, so sind auch ihre Einfallswinkel ECD und ecd gleich; unter eben solchen Winkeln aber werden sie zurückgeworfen. Da also die reflectirten Strahlen CF und cf eben die Winkel mit dem Einfallslothe Dc und dc machen, so sind sie auch noch, wie vorher, parallel.

2) Es sey C (Fig. 65.) ein strahlender Punct, von welchem die divergirenden Lichtstrahlen CD und CF nach der ebenen Zurückstrahlungsfläche AB gehen. Da sie unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen, so wird der Strahl CD von D nach E, und der Strahl CF von F nach G zurückgeworfen. Wenn wir nun diese reflectirten Strahlen rückwärts hinter der Ebene AB verlängern, so laufen sie in c zusammen, und der Winkel DcF ist gleich dem Winkel DCF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und nicht später auseinander, als sie es gethan haben würden, wenn sie von c ausgegangen wären, und der Winkel ihrer Divergenz ist derselbige.

a) Es fahren die Strahlen ED und GF (Fig. 66.) so gegen die reflectirende Ebene AB, daß, wenn diese nicht da wäre, sie zusammenlaufen würden. Sie werden davon aber unter dem Winkel reflectirt, unter welchem sie auffielen, und der Strahl ED geht nach f, der Strahl GF auch nach f. Wenn wir die einfallenden Strahlen in Gedanken hinter der Fläche AB verlängern, so laufen sie in C zusammen, und bilden den Winkel der Convergenz DCF gleich dem Winkel DfF. Sie fahren also nach der Reflexion nicht früher und später zusammen, als ohne die Reflexion. Ihre Convergenz bleibt also dieselbige.

§. 535. Wenn aber auch die reflectirende Fläche nicht eben, sondern krumm oder sphärisch ist, so läßt sich aus diesem allgemeinen Gesetze der Reflexion der Weg der reflectirten Strahlen ebenfalls bestimmen, da man die Elemente dieser Fläche als aus unendlich kleinen einen Winkel einschließenden geraden Flächen bestehend ansehen kann, und ein Lichtstrahl nur auf einen Punct fällt.

§. 536. 1) Der Lichtstrahl, welcher auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fällt, und durch den Mittelpunct der Kugel geht, wovon die Fläche ein Theil ist, wird in sich selbst zurückgeworfen, da er senkrecht darauf stehet. 2) Lichtstrahlen, welche parallel mit einander auf eine concave sphärische reflectirende Fläche fallen und der Achse der Fläche unendlich nahe sind, nähern sich nach der Reflexion, und vereinigen sich in einem Puncte, welchen man den Brennpunct oder Vereinigungspunct paralleler Strahlen, oder auch schlechtweg den Brennpunct (focus) nennt. Diese Strahlen treffen in der Entfernung des halben Halbmessers der Kugel zusammen, wovon die Fläche ein Theil ist. 3) Wenn aus dem Brennpuncte divergirende Strahlen nach der concaven sphärischen Fläche zugehen,

so

so werden sie alle parallel zurückgeworfen werden; folglich wird das Licht dadurch auf eine große Weite ungeschwächt fortgepflanzt. 4) Ueberhaupt werden divergirende Strahlen von dieser Fläche als weniger divergirend, oder als parallel; oder als convergirend zurückgeworfen, je nachdem die Entfernung des strahlenden Punctes von der Fläche kleiner oder grösser ist. Convergirende Strahlen aber werden als mehr convergirend zurückgeworfen. 5) Wenn endlich die auffallenden Strahlen bey dieser concaven sphärischen Fläche aus dem Mittelpuncte der Kugelfläche kommen, so werden sie alle in sich selbst zurückgeworfen, da sie alle auf der Fläche senkrecht stehen.

Wenn wir die Distanz des strahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen sphärischen Fläche d, den Radius der Krümmung dieser Fläche r nennen, so ist in allen Fällen die Entfernung des Vereinigungspunctes der darauf fallenden Strahlen nach der Reflexion, oder die Distantia focalis, $x = \frac{dr}{2d - r}$.

1) Alle diese Sätze lassen sich leicht aus dem allgemeinen Reflexionsgesetze (§. 531) herleiten, und es läßt sich durch Zeichnung und Rechnung der Weg der Lichtstrahlen bey der Reflexion bestimmen. Es sey z. B. (Fig. 67.) DBd eine concave sphärische reflectirende Fläche, C das Centrum dieser Kugelfläche, CB der Radius der Krümmung der Fläche, A der strahlende Punct, und seine Entfernung von der reflectirenden Fläche AB. Der Strahl AB geht durch den Mittelpunct C der Krümmung; er steht folglich senkrecht auf der Fläche DBd, und wird also in sich selbst reflectirt. Es gehe nun ein Strahl AD und Ad nach der Fläche, so werden diese unter dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Man ziehe deshalb das Einfallsloth CD und Cd, und den Winkel CDF = CDA, imgleichen CdF = CdA, so sind DF und dF die reflectirten Strahlen, die sich in F vereinigen, und F ist also der Brennpunct oder Focus dieser Strahlen. Um nun des Brennpunctes F Abstand BF = x von der concaven sphärischen Fläche durch Rechnungen zu bestimmen, und eine Formel dazu zu

finden, wollen wir setzen, daß der Strahl AD der Achse AB unendlich nahe komme, oder daß der Bogen BD unendlich klein sey, so wird FB für FD und CB für CD genommen werden können. Da die Winkel CDA und CDF gleich sind, so ist AD : DF = AC : CF. Da wir nun AD = AB = d, und DF = BF = x nehmen, und BC = r gesetzt wird, so ist AC = d − r, FC = r − x. Wenn wir nun dies in der vorigen Formel substituiren, so haben wir das Verhältniß d : x = d − r : r − x, woraus wir dr − dx = dx − rx, oder dr = 2dx − rx, und $\frac{dr}{2d - r} = x$, als die gesuchte Größe erhalten; oder die Entfernung des Brennpunctes FB = $\frac{AB \times BC}{2AB - BC} = \frac{AB \times BC}{AB + AC}$, was allgemein die Distanz des Focus von den hohlen Kugelflächen ausdrückt.

2) Wenn AB oder d, d. i. die Entfernung des leuchtenden Punctes, so groß ist, daß der Radius BC der reflectirenden Kugelfläche, als unendlich klein, dagegen verschwindet, so wird AB = AC gesetzt werden können; dann verwandelt sich die vorige Formel x = $\frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{\infty r}{2\infty} = \frac{1}{2} r$, oder FB = $\frac{AB \times BC}{2AB} = \frac{BC}{2}$, oder der Brennpunct ist um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche von derselben entfernt. Wenn also die Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist die Entfernung des strahlenden Punctes in Vergleichung mit dem Radius der Kugelfläche für unendlich groß zu halten, und der Vereinigungspunct dieser parallel einfallenden Strahlen nach der Reflexion ist $\frac{1}{2}$ r. Es seyen also GK, DE, dg (Fig. 68.) parallel auf die hohle Kugelfläche AB einfallende Strahlen, so wird der Strahl DE in sich selbst zurückgeworfen, da er durch das Centrum C der Kugelfläche geht; der Strahl GK wird nach f, und der Strahl dg auch nach f zurückgeworfen, und ihr Vereinigungspunct oder Focus ist f, dessen Abstand von der Kugelfläche fE = $\frac{1}{2}$ CE = $\frac{1}{2}$ r ist, wo r den Radius der Krümmung ausdrückt. — Eigentlich kommen nur diejenigen Strahlen in einem Punct hier zusammen, die der Achse DE unendlich nahe sind; die weiter davon entfernten vereinigen sich immer um desto früher mit der Achse, weil sie desto schiefer auf der Fläche stehen, und also unter einem desto kleinern Winkel zurückgeworfen werden.

3) So

3) So lange die Distanz des strahlenden Punctes von der reflectirenden hohlen Kugelfläche oder AB (Fig. 67.) gröser ist als der Radius der letztern, oder als BC, so lange bleibt der Vereinigungspunct F der Strahlen innerhalb dem Mittelpuncte C und der reflectirenden Fläche enthalten. Denn, wenn AB > BC, (oder d > r,) so ist 2AB — BC > AB (oder 2d — r > d), weil 2AB — AB = AB (oder 2d — d = d); da nun $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$ $\left(\text{oder } x = \frac{dr}{2d - r}\right)$, und BC $= \frac{AB \times BC}{AB}$ $\left(\text{oder } r = \frac{dr}{d}\right)$, so ist auch FB < BC oder x < r, oder die Distanz des Vereinigungspunctes der reflectirten Strahlen ist kleiner, als der Radius.

4) Wenn AB = BC oder d = r wird, so wird die Formel $FB = \frac{AB \times BC}{2AB - BC}$ in $\frac{BC^2}{2BC - BC} = BC$, oder $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{r^2}{2r - r} = r$ verwandelt. Dies heißt: die Strahlen, die aus dem Mittelpunct der Kugelfläche gegen dieselbe fahren, werden in sich selbst zurückgeworfen, und ihr Vereinigspunct ist das Centrum der Kugel dieser Fläche selbst.

5) Wenn der strahlende Punct im Brennpuncte paralleler Strahlen (2), oder wenn $AB = \frac{BC}{2}$, oder $d = \frac{1}{2} r$ ist, so wird in der vorigen Formel (1) 2AB — BC = o oder 2 d — r = o, und dann ist der Focus, oder $FB = \frac{AB \times BC}{o}$, oder $x = \frac{dr}{o}$. Es verhält sich aber o : BC = AB : ∞, oder o : r = d : ∞, folglich ist FB oder x = ∞. Das heißt, die Strahlen laufen gar nicht oder in der unendlichen Entfernung nach der Reflexion zusammen, oder sie werden parallel zurückgeworfen. Wenn also (Fig. 68.) BA ein sphärischer Hohlspiegel, und dessen Radius CE ist, und es befindet sich in f in der Entfernung von ½ Ec von der Spiegelfläche, als dem Brennpuncte paralleler Strahlen, ein strahlender Punct, so werden die Strahlen fK und fg durch Reflexion KG und gd parallel mit der Achse ED.

6) Wenn AB oder d (1) kleiner ist als ½ BC oder ½ r, oder 2 d < r, d. h., wenn die Entfernung des strahlenden Punctes von der hohlen sphärischen Fläche kleiner ist als der halbe Radius, oder als die Brennweite

te paralleler Strahlen, so wird FB oder x in der Formel zu einer negativen Größe, und die reflectirten Strahlen werden divergirend, und wieder rückwärts in Gedanken verlängert hinter der reflectirenden Fläche zusammenfahren. So ist es nach Fig. 69. Es sey AP eine sphärische reflectirende concave Fläche; der strahlende Punct sey in d, und seine Entfernung von der Fläche sey kleiner, als $\frac{1}{2}$ CB, oder kleiner als fB. Es gehen von ihm die divergirenden Strahlen dg und dh nach der Fläche hin; man ziehe das Einfallsloth Cg und Ch, und nehme die Winkel gK und Chl so groß als dgC und dhC, so sind gK und hl die reflectirten Strahlen, die divergirend sind, und so aus einander fahren, als ob sie von dem Puncte D hinter der Fläche herkämen. Da der Winkel gDh $<$ gdh, so ist auch die Divergenz der reflectirten Strahlen kleiner, als die der einfallenden.

Divergirende Strahlen werden also bey dieser Reflexion nach der verschiedenen größern oder kleinern Entfernung des strahlenden Punctes von der concaven sphärischen Fläche entweder convergirend (Fig. 67), oder parallel (Fig. 68.) oder in ihrer Divergenz vermindert (Fig. 69.).

Wenn (Fig. 69.) die convergirenden Strahlen Kg und lh auf diese Fläche fallen, so werden sie durch Reflexion in d zusammenlaufen. Ohne Reflexion würden sie es in D gethan haben. Da nun der Winkel gdh $>$ gDh, so ist ihre Convergenz vermehrt.

§. 537. **Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Ellipse hat, und der strahlende Punct steht in dem einen Brennpuncte dieser elliptischen Krümmung, so werden die divergirenden Strahlen durch die Reflexion alle nach dem andern Brennpunct der Ellipse hingeworfen.**

§. 538. **Wenn die concave reflectirende Fläche die Krümmung einer Parabel hat, so werden alle Strahlen, welche mit der Achse parallel auf diese Fläche fallen, durch die Reflexion genau in dem Brennpuncte der Parabel gesammlet; und die aus diesem Brennpuncte auf die Fläche gehenden divergirenden Strahlen werden durch Reflexion zu parallelen.**

§. 539.

§. 539. **Bey convexen reflectirenden sphärischen Flächen verhält es sich mit den nicht senkrecht auffallenden reflectirten Strahlen umgekehrt wie bey den hohlen Kugelflächen (§. 536.).** 1) Parallel auffallende laufen nach der Reflexion auseinander, und werden solchergestalt zerstreuet und divergirend. Die reflectirten Strahlen rückwärts, in Gedanken verlängert, treffen in einem eingebildeten Brennpuncte zusammen, der auch um die Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben liegt. 2) Convergirende Lichtstrahlen, welche verlängert in diesem eingebildeten Brennpuncte zusammentreffen würden, werden natürlicherweise von der Kugelfläche als parallel reflectirt. **3) Ueberhaupt wird die Convergenz der darauf fallenden convergirenden Strahlen nach der Reflexion vermindert, und 4) die Divergenz der divergirend darauf fallenden nach der Reflexion vermehrt.**

Wenn wir den Abstand des strahlenden Punctes von der reflectirenden convexen sphärischen Fläche d, den Radius ihrer Krümmung r nennen, so ist die Distanz des eingebildeten Brennpunctes hinter der Kugelfläche

$$x = \frac{dr}{2d + r}.$$

Es sey nemlich (Fig. 70.) ba eine convexe sphärische Fläche, ihr Centrum C, der Radius ihrer Krümmung AC = r. Der strahlende Punct befinde sich in O. Der Strahl OA steht senkrecht auf der Fläche ab; denn verlängert würde er C, oder den Mittelpunct der Kugelfläche treffen; er wird also in sich selbst zurückgeworfen. Dieser Achse OA der Kugelfläche unendlich nahe falle der Strahl OI auf die Fläche. Man ziehe das Einfallsloth CIQ, so bestimmet dies den Winkel OIQ; man mache damit den Winkel QIR gleich, so ist der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel, und IR ist der Weg des reflectirten Strahls. Verlängert man diesen rückwärts von I nach F, so wird er mit dem ebenfalls verlängerten OA in F zusammentreffen, und F ist also der eingebildete Brennpunct hinter der reflectirenden Fläche.

Um

Um nun eine allgemeine Formel für die Entfernung dieses imaginären Brennpunctes zu finden, verfährt man, wie bey den concaven sphärischen Flächen (§. 536. Anm.) geschehen ist. Die gegenüber stehenden Winkel RIQ und CIF sind gleich, und eben so auch RIQ und OIQ, also ist auch OIQ = CIF; und die Winkel OIQ und CIO haben einerley Sinus. Da wir den Strahl IO der Achse AO unendlich nahe nehmen, so können wir auch IO = AO und FI = FA setzen; AO aber ist der Abstand des leuchtenden Punctes von der Fläche ab und = d; es sey ferner AC = r, und die Entfernung des Brennpunctes FA = x; so ist OC = d + r, IF = AF = x, CF = r — x. In dem Dreyeck ICO ist IO : CO = sin ICF : sin CIO (oder sin. QIO = sin CIF). Ferner ist in dem Dreyecke CIF, IF : CF = sin ICF : sin CIF. Es ist demnach IO : CO = IF : CF. Substituiren wir dafür den angenommenen Werth dieser Ausdrücke, so haben wir d : d + r = x : r — x. Hieraus erhalten wir dr — dx = dx + rx, und $x = \frac{dr}{2d + r}$, oder $FA = \frac{AO \times CA}{2AO + CA}$.

Man sieht leicht, daß der Brennpunct immer innerhalb dem Centro C und der Fläche ab fallen müsse, der Werth von d oder AO mag werden, wie er will. Die convexen sphärischen Spiegel haben also nur einen eingebildeten Brennpunct für divergirende und parallele Strahlen, die Strahlen mögen kommen, wie sie wollen. Wird AO oder d unendlich groß in Vergleichung mit r, oder werden die einfallenden Strahlen mit der Achse parallel, so ist $x = \frac{\infty r}{2 \infty} = \frac{r}{2}$ = ½ r, und die reflectirten Strahlen rückwärts in Gedanken verlängert, treffen in der Hälfte des Halbmessers der Kugelfläche hinter derselben zusammen (Fig. 71.). Gehen die Strahlen umgekehrt, als convergirende so, daß sie nach diesem Brennpuncte zugerichtet sind, wie ti und RI (Fig. 71.), so werden sie durch Reflexion zu parallelen.

Ist die Convergenz der Strahlen noch grösser, so daß sie noch vor dem Brennpuncte der parallelen Strahlen zusammentreffen würden, wie (Fig. 70.) RI und OA, so werden sie wenigstens in der Convergenz vermindert; denn IOA < RFO.

§. 540. **Eine jede Fläche, welche auf der Oberfläche recht glatt oder polirt ist, und das Licht ordentlich reflectiret, heißt ein Spiegel (speculum).**

Jeder

Jeder sichtbare Körper reflectirt zwar das Licht, weil er sonst nicht sichtbar wäre; aber weil die Theilchen gegen einander eine sehr mannigfaltige Lage haben, so reflectiren sie das Licht nicht ohne Verwirrung und nicht in gemeinschaftlicher Direction, wie ein eigentlicher Spiegel thun muß.

§. 541. Indessen giebt es keinen vollkommenen oder mathematischen Spiegel, dessen Oberfläche gar keine Unebenheiten oder Vertiefungen hätte. Es folgt dies aus der Porosität der Körper, die ihnen allen gemein ist. Ein solcher Spiegel würde nicht sichtbar seyn, sondern an seiner Stelle die Bilder der Körper, von welchen er Erleuchtung erhält.

§. 542. Die Materien, woraus die Spiegel zum optischen Gebrauch verfertiget werden, können mancherley seyn. Man wählt aber gewöhnlich dazu solche Stoffe, denen man nicht allein eine bequeme Gestalt leicht geben, sondern deren Oberfläche durch Schleifen und Poliren glatt genug gemacht werden kann. Das Glas läßt sich zwar fein und glatt poliren, und durch Belegung auf der andern Seite völlig undurchsichtig machen, aber es wird auch wegen der dadurch entstehenden doppelten Abbildung der Sachen wieder untauglich. Die metallenen Spiegel würden daher Vorzüge haben, wenn man sie nicht aus unedlen Metallen zu machen, durch die Umstände genöthigt wäre, wo sie aber dem Anlaufen an der Luft und durch Dünste ausgesetzt sind. Die reine Platina würde in dieser Rücksicht alle Vorzüge in sich vereinigen, da sie hart genug ist, um eine feine Politur anzunehmen, ohne dem Anlaufen an der Luft unterworfen zu seyn. Silber und Gold nehmen

nen wegen ihrer Weiche nicht Politur genug an. Indessen überzieht man doch auch andere harte und polirte Körper mit Blattgold oder Blattsilber, und giebt ihm durch Poliren die Spiegelfläche.

Anweisung, die beste Composition zu den metallenen Spiegeln der Telescope zu machen, von J. Mudge, a. d. *philos. Transact. Vol. LXVII. P. I.* S. 296. übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. I. S. 584.

Das Glas, das zu Spiegeln genommen wird, muß auf der hintern Fläche eben so gut, als auf der vordern, und zwar noch genauer geschliffen und polirt seyn, weil die hintere Fläche eben wegen der Zurückstrahlung von dem Metall der Belegung das Bild hervorbringen hilft. Ist diese hintere Fläche rauh und uneben, so ist es auch das darauf liegende Metall, und dann wird die Regelmäßigkeit der Zurückstrahlung gestört. Wenn gleich das Glas sehr durchsichtig ist, so ist es doch nicht in allen Puncten durchsichtig; es wirft allerdings einen Theil des darauf fallenden Lichts von seiner vordern Fläche und von seiner innern Masse zurück. Daher spiegelt auch die vordere Fläche der gläsernen Spiegel, und macht Bilder, obgleich weit schwächere, als die hintere belegte Fläche. Diese Bilder decken sich zwar einander, doch nicht vollkommen; und der weit stärkere gleichzeitige Eindruck des weit lebhaftern Bildes von der hintern Fläche verwischt den des weit schwächern von der vordern Fläche; immer aber entsteht doch dadurch einige Undeutlichkeit, die besonders an den Rändern und Säumen wahrzunehmen ist. Dickere gläserne Spiegel sind aus der angeführten Ursache, bey übrigens gleichen Umständen, nicht so gut, als dünnere. Dieses doppelte Bild von gläsernen Spiegeln läßt sich am besten an einer Lichtflamme wahrnehmen, die davor ist, wenn man von der Seite gegen den Spiegel sieht.

§. 543. Sonst sind die Spiegel in Rücksicht ihrer Figur, entweder **ebene Spiegel** (specula plana), oder **krumme Spiegel** (specula curva); die leztern entweder **convexe** (specula convexa), oder **concave** (specula concava) und zwar nach der Verschiedenheit ihrer Krümmungen entweder **sphärische** oder **elliptische, parabolische, hyperbolische, cylindrische, conische.** Von der Zurückstrahlung der Licht-

strah-

len von diesen Spiegeln gilt alles das, was wir oben von den reflectirenden Flächen gesagt haben.

§. 544. Wenn vor einen verticalstehenden Planspiegel (§. 543.) ein erleuchtetes oder leuchtendes Object gestellt wird, so sieht das Auge das Bild dieses Gegenstandes (imago objecti) hinter dem Spiegel, und zwar sehen wir das Bild eines Punctes in diesen Planspiegeln da, wo der rückwärts verlängerte reflectirte Strahl die Perpendikellinie vom Puncte auf den Spiegel gezogen durchschneidet; oder eigentlicher, wir sehen jeden Punct des Objectes hinter dem Spiegel da, wo die reflectirten Strahlen von zweyen unendlich nahe einfallenden divergirenden des Punctes rückwärts verlängert sich durchschneiden. Denn hier kommt die Spitze des verlängerten Lichtkegels zu stehen, welcher seine Grundfläche auf der Pupille unsers Auges hat.

Es sey (Fig. 72.) C ein strahlender Punct vor dem Planspiegel AB. Er sendet Lichtstrahlen nach allen Richtungen um sich her; es fällt also auch unter andern ein Strahl Cb auf den Planspiegel in b, und ein Strahl Cf in f auf, die wir als die äußern des Strahlenkegels bCf ansehen wollen. Beide Strahlen werden unter eben den Winkeln reflectirt, unter denen sie auffielen, und der Strahl Cb wird nach g, der Strahl Cf nach h geworfen. — gh sey die Pupille des Auges, die die Grundfläche des abgestumpften Strahlenkegels bfgh empfängt. Verlängern wir die reflectirten Strahlen bg und fh rückwärts hinter dem Spiegel, so schneiden sie sich in F, und hier ist der Ort des Bildes. Es empfängt nemlich das Auge den Strahlenkegel, der von dem Spiegel zurückgeworfen wird, eben so, als ob seine Spitze in F wäre; und er afficirt das Organ eben so, und nicht anders; folglich erzeugt sich in uns das Urtheil, als ob der strahlende Punct in F wäre, oder wir setzen den strahlenden Punct nach F hin. Da die Divergenz der Strahlen von ebenen reflectirenden Flächen nicht geändert wird (§. 534.), so werden auch die hinter den Spiegel verlängerten reflectirten Strahlen

hen nicht früher oder später sich schneiden, als bC und fC rückwärts genommen; oder die Convergenz derselben in F wird dieselbige seyn, als die Divergenz der einfallenden in C war; folglich liegt F so weit hinter dem Spiegel, als C davor ist, und der Ort des Bildes ist da, wo die rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen von zwey divergirend einfallenden eines strahlenden Punctes sich durchschneiden würden.

Oder man ziehe vom strahlenden Puncte C die Perpendicularlinie Ca auf den Planspiegel AB, und verlängere sie hinter dem Spiegel. Die reflectirten Strahlen gb und hf, ebenfalls hinter dem Spiegel verlängert, durchschneiden jene Perpendicullinie in F. Da die bey a rechtwinkligten Dreyecke Cab, Fab, die Seite ab mit einander gemein haben, und der Winkel abF = Bbg = Cba; so ist auch aF = aC, oder der reflectirte Strahl bg schneidet bey seiner Verlängerung das Perpendikel CaF in einem Puncte F, der so weit hinter dem Spiegel ist, als der strahlende Punct C davor liegt. Eben dies gilt von jedem andern von C kommenden reflectirten Strahle, wie fh. Hier in F ist also der Ort des Bildes vom Puncte C, folglich kann man auch sagen: der Ort des Bildes hinter dem Planspiegel ist da, wo die Perpendicullinie vom strahlenden Puncte auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert, vom rückwärts verlängerten reflectirten Strahl durchschnitten wird.

Diese letztere Regel kannten die ältern Optiker schon. Sie zeigt uns indessen keinen physischen Grund an, warum das Auge das Bild des Punctes C in F sieht; und ist also im Grunde nur eine Formel, den Ort des Bildes im Planspiegel durch Zeichnung zu bestimmen. Die erstere Regel hingegen enthält zugleich einen physischen Grund. Barrow (*Lectiones opticae*. Lond. 1674. 4) hat sie zuerst deutlich entwickelt. Sie läßt sich auch auf krumme Spiegel anwenden, da die Regel der Alten nur für Planspiegel allein gilt.

Da wir Planspiegel auch für solche sphärische Hohlspiegel ansehen können, deren Radius unendlich groß ist, so läßt sich auch die oben (§. 536. Anm.) angeführte allgemeine Formel für den Vereinigungspunct der reflectirten Strahlen anwenden. Da nemlich $r = \infty$ gesetzt werden muß, so verwandelt sich die Formel $x = \frac{dr}{2d - r}$ in $\frac{d\infty}{-\infty} = -d$. aF (Fig. 72.) ist also gleich aC, und steht wegen des negativen Zeichens hinter dem Spiegel, oder die reflectirten Strahlen werden rückwärts verlängert in eben der Distanz

 hin-

hinter dem Spiegel zusammenlaufen, als der Punct der Divergenz vor dem Spiegel steht.

§. 545. Es läßt sich hieraus leicht darthun, 1) warum das Bild im Planspiegel eben so weit dahinter ist, als das Object davor stehet, und warum jenes sich diesem nähert, so wie dieses dem Spiegel näher rückt; 2) daß das Bild dem Objecte gleich und ähnlich seyn müsse; 3) daß die rechte Seite der Objecte im Bilde links, die linke rechts erscheinen müsse; 4) warum alle Personen das Bild des Objects hinter dem Spiegel an einem und eben demselben Orte sehen; 5) warum die Bilder nicht die Deutlichkeit oder Stärke des Lichtes haben, als die Objecte selbst, und 6) warum ein Spiegel, worin ein Mensch sich ganz sehen soll, nur halb so groß und breit zu seyn braucht, als der Mensch.

1. 1) Der erste Satz erhellet aus der Anm. zum vorigen §. 2) Der zweyte wird aus §. 534. klar: denn weil der Planspiegel die Divergenz der darauf fallenden Strahlen nicht ändert, so sendet er die von den verschiedenen strahlenden Puncten, deren Stellung gegen einander die Figur des Objects bestimmet, auf ihn fallenden Lichtkegel eben so bey der Reflexion zum Auge, als wie sie dies von dem Objecte selbst empfangen würde, wenn das Object ohne den Spiegel eben so weit vom Auge entfernt wäre, als die Spitze des verlängerten Lichtkegels jedes Punctes vom Auge ist. 3) Der dritte Satz folgt natürlich daraus, daß das Bild z. B. unserer Person, wenn wir uns darin betrachten, uns direct entgegen steht, daher unsere rechte Hand im Bilde zur linken werden muß, nemlich nur in sofern, als wir das Bild auf unser Object beziehen. 4) Der vierte Satz ist eine Folge der Regeln des §. 544. und wenn das Object an seinem Orte bleibt, so bleibt für alle die einzelnen Lichtstrahlen, die vom Objecte auf den Spiegel, und von da zu den einzelnen Augen kommen, bey der Verlängerung der reflectirten Strahlen hinter den Spiegel derselbige Durchschnittspunct der Perpendicullinie, die vom Object auf den Spiegel gezogen und dahinter verlängert werden kann; oder der

Ort des Bildes bleibt unverändert. 5) Der fünfte Satz folgt aus der Unvollkommenheit aller unserer Spiegel (§. 541), wodurch verursacht wird, daß wegen der vielfachen, obgleich unmerklichen, Vertiefungen und Erhöhungen nicht alles auf den Spiegel vom Objecte fallende Licht genau eben so wieder ins Auge reflectirt werden kann, als es das Auge vom Objecte selbst erhalten würde, sondern ein Theil wo andershin zerstreuet wird. Auch wird wol nach der verschiedenen Natur der Spiegelmaterie mehr oder weniger Licht verschluckt, oder verliert alle seine Expansivkraft, und Strahlung. 6) Der sechste Satz läßt sich durch Zeichnung leicht beweisen. Es sey (Fig. 73.) AB ein verticalstehender Planspiegel, vor welchem ein Object vertical steht. Die Linie CD stelle die senkrechte Höhe einer Person vor, deren Auge in O sey. Wir brauchen hier nur die Lage der Bilder des obersten und untersten Punctes von CD zu bestimmen. Es gehet von C ein Strahl Cg nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel zurückgeworfen wird, und nach O ins Auge gelangt. Dieser Strahl Og rückwärts verlängert, durchschneidet das Einfallsloth Cc in c, und hier ist also der Ort des Bildes von C. Vom untersten Puncte D geht ein Strahl von D nach i auf den Spiegel, und gelangt durch Reflexion von i nach O ins Auge, und dieser verlängerte reflectirte Strahl durchschneidet das Einfallsloth Dd in d, wo also das Auge das Bild von D sieht. Was von diesen beiden äußersten Puncten des Objects gilt, gilt auch von allen dazwischen liegenden, und das Auge sieht das ganze Object im Bilde cd. Der Augenschein lehrt, daß nur der Theil des Spiegels AB, der zwischen g und i liegt, zur Reflexion der Strahlen, die von CD nach den Spiegel kommen, und ins Auge O gelangen sollen, diene. ig ist aber nur $\frac{1}{2}$ CD, weil cd = CD, und Ca = ca, folglich Ca = $\frac{1}{2}$ Cc und gi = $\frac{1}{2}$ cd = $\frac{1}{2}$ CD. Was von der Höhe des Objects gilt, gilt auch von der Breite; und überhaupt bey jeder Entfernung.

§. 546. Ferner läßt sich daraus beweisen, warum in einem Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen den Horizont geneigt ist, die Bilder von horizontalliegenden Objecten aufrechts und perpendiculär, die von perpendiculären aber horizontal erscheinen.

Erläuterungen durch den Perspectivkasten.

Es sey CD (Fig. 74.) ein Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel CDA gegen den Horizont AB gestellt ist; DE seyn ein horizontal liegendes Object, vor den Spiegel gestellt. Von dem Puncte E geht ein Lichtstrahl nach den Spiegel in f, und wird reflectirt nach g. Man ziehe von E die Perpendicullinie auf den Spiegel, und verlängere sie hinter den Spiegel, Ee; man verlängere auch den reflectirten Strahl fg rückwärts hinter den Spiegel, so schneidet er die Perpendicullinie Ee in e, und hier ist der Ort des Bildes vom Puncte E. Eben so fällt von D des Objectes ein Strahl Dh nach den Spiegel, und wird von h nach i reflectirt. Man ziehe auch von D die Perpendicullinie Dd hinter den Spiegel, und verlängere den reflectirten Strahl hi rückwärts, so schneidet er die Linie Dd in d, und hier ist der Ort des Bildes vom Puncte D. Was von den beiden äußersten Puncten D und E gilt, gilt von allen dazwischen liegenden; es entsteht also ein vertical stehendes Bild de vom horizontal liegenden Objecte DE.

Umgekehrt, wenn de das Object ist, so ist DE das Bild davon, und vertical stehende Objecte bilden sich also horizontal liegend ab.

§. 547. Imgleichen, warum in einem horizontal liegenden Planspiegel die Objecte darüber oder darunter verkehrt, das Obere unten, und das Untere derselben oben sich abbildet.

Beyspiele hierzu: Es sey AB (Fig. 75.) ein horizontalliegender Planspiegel, auf welchen das Object DE vertical steht. Das Auge befinde sich in i, so wird der Strahl, der von D nach h auf den Spiegel fällt, und von da unter eben dem Winkel reflectirt wird, nach i ins Auge gelangen. Man verlängere diesen reflectirten Strahl hinter den Spiegel, und verlängere auch die Verticallinie von D auf den Spiegel, bis sie sich beide in d schneiden, so ist d das Bild des Punctes von D. Der niedriger liegende Punct F des Objects, wird, wie man auf eine ähnliche Art finden kann, sein Bild in f machen. So entstehen von allen Puncten des Objects DE die Bilder derselben zwischen d und e, und also im Ganzen ein umgekehrt stehendes Bild de des Gegenstandes DE.

§. 548. Durch Planspiegel, die schief gegen einander gesetzt werden, erscheinen die Objecte dazwischen

vervielfältigt, wegen der vervielfältigten Reflexion, und zwar erscheinen sie so oft, weniger eins, als der Winkel, den die Spiegel mit einander machen, in 360 Graden enthalten ist. In parallel gegen einander überstehenden Spiegeln erscheint das Object, das gerade zwischen beide gestellt wird, unzählige male.

Hieher gehören die Winkelspiegel, die nach Art eines Buches geöffnet werden können. Das Bild eines dazwischen gestellten Gegenstandes erscheint bey einem Winkel der Spiegel

von 120 Graden	2 mal		
90	"	3	"
72	"	4	"
60	"	5	"
51 3/7	"	6	"
45	"	7	"
40	"	8	"
36	"	9	" u. s. w.

Es seyen zwey Planspiegel AC und BC (Fig. 76.) unter einem Winkel ACB = 45 Gr. an einander gefügt. Das Auge O sey selbst der strahlende Punct, und befinde sich zwischen den Spiegeln, so sieht es sich an den Stellen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 hinter den beiden Spiegeln, und zwar in einem Kreise, dessen Radius OC und dessen Mittelpunct C ist. Das Auge O bildet sich hinter dem Spiegel AC in 1 ab, eben so weit dahinter, als es davor ist, so auch hinter dem Spiegel AC in 2. Jedes dieser Bilder können wir wieder als ein Object in Rücksicht des gegenüberstehenden Spiegels betrachten, hinter dem es sich so weit wieder abbildet, als es davor ist; so bildet sich also 1 hinter dem Spiegel AC in 3, 2 hinter dem Spiegel BC in 4, 3 hinter dem (bis b verlängerten) Spiegel BC in 5, 4 hinter dem (bis a verlängerten) Spiegel AC in 6, 5 hinter AC in 7 ab; das Bild von 6 ist mit dem von 7 eins, oder fällt damit zusammen, und 7 liegt in der geraden Linie, die von O durch den Mittelpunct des Kreises C, oder den Winkel der Spiegel gezogen werden kann, und kann sich also auf keinem Spiegel weiter abbilden.

Die Bilder des einen Spiegels sind freylich keine Objecte für den andern Spiegel in der That, und die in Gedanken verlängerten Spiegel Ca und Cb können keine Bilder wirklich machen, wie wir uns hier der mehrern Leichtigkeit wegen die Sache vorgestellt haben. Der wahre Grund der Vielfachheit der Bilder liegt in der

der vervielfältigten Reflexion des Lichtes zwischen diesen Spiegeln, und darin, daß wir da ein Bild des Punctes hinsetzen, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kommen muß, dessen Grundfläche die Pupille unseres Auges ist. Um dies näher zu erläutern, wollen wir uns zwey Spiegel AC und BC (Fig. 77.) vorstellen, die unter dem Winkel von 72 Gr., BCA, aneinander gefügt sind, und worin sich also das Object viermal abbilden wird. Das Object sey in F, die Pupille des Auges in f, das nun das Bild von F in 1, 2, 3, 4 sieht. Es geht nemlich ein Lichtkegel Fih nach den Spiegel BC, der durch Reflexion von ih nach der Pupille des Auges in f gelangt, und das Urtheil erzeugt, daß er von 1 herkomme, wo also die Seele das Bild von F hinsetzt. Es fällt ferner ein Lichtkegel Fab auf den Spiegel AC, und geht durch Reflexion von ab nach f zur Pupille des Auges, das nun das Bild des Punctes F nach 2 setzt, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels kömmt. 2 macht ein Bild in 3, nicht deswegen, weil es sich eben so weit wieder hinter dem verlängerten Spiegel BCD abbildete, als es davor ist; sondern weil in uns das Urtheil von dem Daseyn des Punctes F in 3 entsteht, da der Lichtkegel, der von F nach cd auf den Spiegel AC fällt, von da durch Reflexion auf den Spiegel BC in ge geworfen wird, und hier wieder von ge nach der Pupille in f zurückstrahlt und so ins Auge kömmt, daß er bey der Verlängerung seine Spitze in 3 haben muß, oder als ob er von 3 herrührte. Das Bild in 4 entsteht auch nicht deswegen, weil sich das Bild 1 hinter dem verlängerten Spiegel ACE so weit abbildete, als es davor ist, sondern weil ein Strahlenkegel von F nach no, von da durch Zurückstrahlung nach lm, und von da durch Zurückstrahlung nach der Pupille in f gelangt, und nun so ins Auge kömmt, als ob er von 4 herrührte, oder hier seine Spitze hätte. — Alle andere Strahlenkegel, die von dem unbewegten F nach beiden Spiegeln gehen, treffen nach den Zurückstrahlungen das Auge nicht, so lange es in f ist. — So ist es nun in allen andern Fällen dieser Spiegel.

Kaestner de multiplicatione imaginum ope duorum speculorum planorum; in den *Dissertationib. mathem. et physic.* II. S. 8. *Muschenbroeck introd. ad philos. nat.* II. 1993 — 1996.

Hierauf beruhet auch die Einrichtung der Spiegelzimmer, Spiegelcabinette und Spiegelkästen.

Muschenbroek a. a. O. §. 1992. Gehlers physikal. Wörterbuch Th. IV. S. 132. ff.

§. 549.

§. 549. Vermittelst der durch Planspiegel reflectirten Lichtstrahlen können daher auch Gegenstände betrachtet werden, wenn auch die gerade Linie zwischen diesen und dem Auge von undurchsichtigen Körpern unterbrochen würde.

Hieher gehört 1) das Perspectiv durch ein dickes Brett zu sehen, oder das Zauberperspectiv (Tubus magicus). Gehlers phys. Wörterbuch Th. IV. S. 845. ff.

2) Das Hevelsche Polemoskop, der Wallgucker, Operngucker (Polemoscopium). Muschenbroek a. a. O. §. 1997. Gehler a. a. O. Th. III. S. 539.

§. 550. Aus der Reflexion der Lichtstrahlen von den Kugelflächen (§. 535 — 539.); und aus dem Satze, der auch auf krumme Spiegel anzuwenden ist: daß das Bild eines strahlenden Punctes in einem Spiegel da liegt, wo von zwey unendlich nahe einfallenden divergirenden Strahlen die reflectirten sich durchschneiden (§. 544.); läßt sich nun auch bestimmen, wie die sphärischen Spiegel Bilder machen.

§. 551. Man kann hieraus leicht finden;

1) warum ein Gegenstand in einem hohlen Kugelspiegel gar kein Bild macht, wenn er sich im Brennpunct der parallelen Strahlen des Spiegels befindet;

2) warum das Bild aufrechts hinter dem Spiegel und größer als der Gegenstand erscheint, wenn dieser zwischen dem Brennpuncte und dem Spiegel sich befindet;

3) warum das Bild um desto weiter hinter dem Spiegel, und desto größer erscheint, je näher der Gegenstand nach dem Brennpuncte des Spiegels zurücktritt;

4) war-

4) warum die Bilder verkehrt und vergrößert werden und ein Luftbild darstellen, das weiter vom Spiegel fällt, als der Gegenstand davor ist, wenn der Brennpunct des Spiegels zwischen dem Gegenstande und dem Spiegel steht;

5) warum das umgekehrt-stehende Luftbild Größe und Entfernung des Gegenstandes erlangt, wenn der Gegenstand im Mittelpunct der Kugelfläche steht; und endlich

6) warum diese umgekehrten Luftbilder kleiner werden und dem Spiegel näher liegen, als der Gegenstand, wenn der Mittelpunct der Kugelfläche zwischen den Gegenstand und den Spiegel fällt.

Wenn das Object, das sich in diesen Spiegeln abbildet, keine dem Spiegel concentrische Oberfläche hat, so wird es verzerrt dargestellt werden; weil dann der Abstand der sich abbildenden Puncte des Objects vom Spiegel ungleich ist.

1) Es sey ab (Fig. 78.) ein sphärischer Hohlspiegel, sein Centrum C, sein Brennpunct paralleler Strahlen F, und in diesem Brennpuncte stehe ein strahlender Punct, so wird der Strahlenkegel Fgh bey der Reflexion zum Strahlencylinder, und alle von F divergirend auffallende Strahlen, werden zu parallelen (§. 536.); das Auge in Q oder sonst wo, das einen solchen Strahlencylinder empfängt, kann kein Bild des Punctes von F empfinden, weil der Strahlencylinder keine Spitze hat.

2) Es sey der Gegenstand DE (Fig. 79.) zwischen dem Brennpuncte F und dem Spiegel ab, dessen Mittelpunct C ist. Der oberste Punct D des Objects wirft einen Strahlenkegel Dgh nach dem Spiegel, der unter eben dem Winkel reflectirt wird, und nach Q ins Auge gelangt. Er kömmt so ins Auge, als ob er seine Spitze in d hätte, und hierher setzt das Auge das Bild d des Punctes D. Vom untersten Puncte E geht ein Strahlenkegel Eik nach den Spiegel, und durch Reflexion nach Q so, als ob er von e hinter dem Spiegel herkäme, wohin also unser Auge das Bild e vom Puncte E setzt. Da die Puncte d und e im Bilde weiter auseinander liegen, als im Objecte D und E, so sehen wir das Bild größer, als den Gegenstand. Der Grund davon liegt

liegt in der Abnahme der Divergenz der Strahlen bey der Reflexion (§. 536. 4.).

3) Je näher der Gegenstand DE (Fig. 79.) dem Brennpuncte F tritt, um desto mehr nimmt die Divergenz der reflectirten Strahlen ab, desto später laufen sie bey der Verlängerung hinter dem Spiegel zusammen, desto weiter ist also die Spitze der Strahlenkegel, die das Auge empfängt, von der Grundfläche entfernt, desto weiter fällt also das Bild hinter den Spiegel, und desto weiter liegen die äußersten Puncte d und e auseinander, folglich desto mehr wird es vergrößert; bis es endlich unendlich groß in einer unendlichen Entfernung wird, d. h. ganz verschwindet, wenn die strahlenden Puncte um die Brennweite entfernt sind (1).

4) Es sey der mit der Spiegelfläche concentrische Gegenstand DE (Fig. 80.) so weit davon entfernt, daß er zwischen dem Brennpuncte F und dem Centro C des Spiegels ab stehe. Der oberste Punct D wirft einen Strahlenkegel Dgh auf den Spiegel, dessen Strahlen unter eben dem Winkel reflectirt werden, unter welchem sie auffallen. Sie werden dadurch in ihrer Divergenz vermindert, und laufen in d zusammen. So werden auch die Strahlen des Lichtkegels Eik durch Reflexion wieder zusammenlaufend in e. Wäre nun ein Auge in e oder d, so würde es freylich kein Bild von den Puncten D und E sehen, da die Strahlen, die es hier empfängt, convergirend sind, und folglich bey der Verlängerung rückwärts noch weniger zusammenlaufen, als die parallelen (1). Man sieht leicht, daß dies auch der Fall seyn müsse, wenn sich das Auge näher nach dem Spiegel zu befindet, wo es alle die von dem Spiegel zurückfahrenden Strahlen als convergirend empfängt. Wenn man dies gehörig erwägt, so wird man gar keinen Einwurf gegen Barrow's Theorie (§. 544.) von der Entstehung der Bilder in den Spiegeln bey diesen Fällen finden. — Wenn aber in ed eine reflectirende Fläche ist, auf welche die Strahlenkegel ike und ghd auffallen, und davon wieder als divergirende nach allen Seiten zurückstrahlen, so wird das Auge, das dieser Fläche zugerichtet ist, das ganze Bild ed auf derselben sehen, vorausgesetzt, daß diese reflectirende Fläche kein Licht wo anders her erhält, das die Empfindungen des Bildes ed verwischen könnte. Da die vom Spiegel reflectirten Strahlenkegel ghd und ikd sich durchkreuzen, so wird das Bild ed gegen das Object DE verkehrt stehen, und die Puncte d und e werden weiter aus einander liegen, als D und E.

5) Wenn DE (Fig. 80.) nach C vom Spiegel zurücktritt, und endlich in δε anlangt, so tritt das umge-

gekehrte Luftbild ed dem Spiegel näher, wird kleiner, und würde endlich dem Gegenstande gleich und ähnlich, obgleich umgekehrt, seyn, wenn alle seine strahlenden Puncte so weit vom Spiegel entfernt wären, als C, in welchem Fall DE nur ein Punct seyn müßte.

6) Wenn das Object DE (Fig. 81.) so weit vom Spiegel ab absteht, daß das Centrum des Spiegels C zwischen demselben und dem Spiegel ist, so werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel Dgh und Eik, die von dem obersten und untersten Puncte D und E gegen den Spiegel fahren, durch die Reflexion auch zu convergirenden, die in e und d zusammenfahren. Da sich die Strahlenkegel nach der Reflexion durchkreuzen, so machen sie ein umgekehrtes Bild ed des Gegenstandes DE, und zwar liegen die äußersten Puncte e und d im Bilde einander näher, als D und E im Object; das Bild ist also verkleinert. — Uebrigens hat es mit diesem Bilde wieder eben die Bewandtniß in Ansehung seiner Wahrnehmung, als im vorigen Fall (4). Ein Auge in e oder d empfängt nur die Spitzen der Strahlenkegel, nicht ihre Grundfläche. Das Bild ed wird also nur dann sichtbar, wenn da, wo die Vereinigungspuncte der reflectirten convergirenden Lichtstrahlen hinfallen, eine reflectirte Fläche ist, die diese Lichtstrahlen wieder als divergirende zurückstrahlen kann. Da ein strahlender Punct des Objects nicht bloß einen Lichtkegel zum Spiegel sendet, sondern auf jeden Punct des Spiegels Lichtstrahlen vom leuchtenden Objecte fallen, so strahlt auch z. B. von E (Fig. 90.) nicht bloß der Kegel Eik auf den Spiegel, sondern auch der Kegel Emn. Ist nun das Auge in Q, so empfängt es nicht allein von dem Vereinigungspuncte der reflectirten Strahlen ghd, sondern auch von dem der reflectirten Strahlen mne einen Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges, und deren Spitze in e und d ist. So ließe sich erklären, wie das Auge in ed ein Bild von DE sehen könne.

Demohngeachtet ist der Umstand allerdings wahr, daß ein Auge die Bilder der Gegenstände, die weiter vom Spiegel abstehen, als der Radius desselben beträgt, und die dem Spiegel Lichtkegel zusenden, auf dem Spiegel selbst gewissermaßen schweben sieht; ein Phänomen, das aus dem bisher Vorgetragenen nicht zu erklären ist, vielleicht einen Gesichtsbetrug zum Grunde hat, und es von neuem bestätigt, daß wir aus mehrern Umständen, als aus dem Scheitel der Strahlenkegel, die scheinbare Stelle der Gegenstände beurtheilen.

Kaust-

Kaestner de obiecti in speculo sphaerico visi magnitudine apparente; in den *comment. nov. Goetting. T. VIII.* 1777.

§. 552. Jmgleichen läßt sich davon die Anwendung auf erhabene Kugelspiegel machen, und daraus finden:

1) warum das Bild eines Gegenstandes aufrechts, und kleiner als derselbe, hinter dem Spiegel erscheint;

2) warum das Bild um desto mehr verkleinert wird, je kleiner der Halbmesser der Kugelfläche ist;

3) warum endlich das Bild nie weiter hinter seiner Fläche erscheint, als um den vierten Theil des Durchmessers des Spiegels.

1) Da der imaginäre Vereinigungspunct der, von den Spiegeln dieser Art, reflectirten divergirenden Strahlen, oder der Strahlenkegel, deren Grundfläche die Pupille des Auges ist, allemal hinter den Spiegel fällt (§. 539.), so muß auch das Bild der Gegenstände hinter dem Spiegel erscheinen. Es sey (Fig. 82.) ab ein converer Kugelspiegel, ED das Object, das mit dem Spiegel gleiche Krümmung hat, C der Mittelpunct des Spiegels, F sein imaginärer Brennpunct paralleler Strahlen. Das Auge befinde sich in Q. Es empfängt durch Reflexion die Lichtkegel Egh und Dik, von den äußersten Puncten E und D des Objects, und sieht das Bild desselben in ed. Da die Divergenz der Strahlen bey der Reflexion von diesen Flächen vermehrt wird, so laufen sie auch rückwärts hinter dem Spiegel verlängert früher zusammen, oder der Winkel in e und d ist größer, als der in E und D; die Puncte e und d liegen also näher bey einander, und das Bild ist kleiner, als der Gegenstand. Wenn das Object auf der dem Spiegel zugekehrten Seite nicht gleiche Krümmung mit dem Spiegel selbst hat, so erscheint es nothwendigerweise verzerrt.

2) Je kleiner der Halbmesser der Spiegelfläche wird, desto länger ist der Abstand des Vereinigungspuncts der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen; oder wenn r kleiner wird, so wird in der Formel $\frac{dr}{2d+r} = x$ (§. 539.) auch dieses x als Quotient abnehmen. Die rückwärts verlängerten reflectirten

ten Strahlen werden also, bey gleichem Abstande des Objects vom Spiegel, desto früher zusammentreffen, die Vereinigungspuncte werden desto näher bey einander liegen, und das Bild wird also desto kleiner erscheinen.

3) Je weiter der Gegenstand vom Spiegel abrückt, oder je größer d in der Formel $x = \frac{dr}{4d + r}$ wird, desto größer wird x, oder der Abstand des Vereinigungspunctes der rückwärts verlängerten reflectirten Strahlen vom Spiegel; aber er kann nie größer werden, als ¼ r, wenn auch d = ∞ in Vergleichung mit r wird, oder der Gegenstand so weit vom Spiegel entfernt ist, daß die Divergenz der von seinen strahlenden Puncten ausfahrenden Strahlen verschwindet, oder sie zu parallelen werden.

§. 553. Endlich lassen sich auch daraus die Erscheinungen der cylindrischen und conischen erhabenen Spiegel bestimmen. Beide Arten der Spiegel wirken der Länge nach als ebene Spiegel, und bilden also in so fern die Gegenstände, deren Fläche mit der Fläche dieser Spiegel concentrisch ist, in der ordentlichen Größe ab. Die cylindrischen aber sind der Queere nach erhabene Kugelspiegel, und müssen also in so fern verkleinern, und die Gegenstände also der Queere nach schmäler vorstellen. Die conischen sind der Queere nach ebenfalls als erhabene Kugelspiegel anzusehen; da aber die Cirkelflächen nach der Spitze zu immer kleiner werden, so verkleinern sie auch oben mehr, als unten.

Bestätigung durch Versuche und Zeichnungen, die zwar verzerrt gemahlt sind, aber in diesen Spiegeln ordentlich erscheinen (catoptrische Anamorphosen).

Casp. Schotti Magia universalis. Herbip. 1657. 4.

Ein Instrument, um diese anamorphotischen Zeichnungen zu entwerfen, hat Leupold beschrieben (Jac. Leupold Anamorphosis mechanica nova. Leipz. 1714. 4.)

Brechung des Lichts.

§. 554. Wenn Lichtstrahlen aus einem Mittel in ein anderes von verschiedener Dichtigkeit in einer schiefen Richtung übergehen, so behalten sie, wenn sie die Fläche treffen, die beide Mittel von einander scheidet, nicht mehr die vorige Richtung, sondern werden von derselben abgelenkt. Man nennt dies die Brechung der Lichtstrahlen (refractio lucis).

Bestätigung an Glas und Wasser.

§. 555. Wenn der schief einfallende Lichtstrahl (radius incidens) SC (Fig. 83.) aus einem dünnern Mittel, z. B. aus der Luft, in ein dichteres, z. B. in Wasser, übergehet, so wird er an der Oberfläche AB des letztern in dem Einfallspuncte (punctum incidentiae) C von seinem vorigen Wege abgelenkt, und der geraden Linie, die man senkrecht auf und durch das dichtere Mittel im Einfallspuncte ziehet, dem Einfallslothe oder Neigungslothe (cathetus incidentiae) DE näher gebracht, und geht in der Direction CR. Der Winkel SCD, welchen der einfallende Strahl SC mit dem Einfallslothe DE macht, heißt der Einfallswinkel (angulus incidentiae), und der Winkel RCE, welchen der gebrochene Strahl CR, der von seiner vorigen Richtung abweicht, mit dem Einfallslothe DE macht, der Brechungswinkel (angulus refractionis), und der Winkel aCR, welcher aus dem verlängerten einfallenden Strahle Ca und dem gebrochenen CR sich bildet, der gebrochene Winkel (angulus refractus).

§. 556. Die Erfahrung lehrt allgemein folgendes Gesetz: Wenn das Licht aus einem dünnern Mit-

Mittel in ein dichteres schief übergehet, so wird es dem Perpendicul zu gebrochen, und der Brechungswinkel ist kleiner, als der Einfallswinkel; wenn es aber aus dem dichtern Mittel in das dünnere schief übergehet, so wird es vom Perpendicul abgebrochen, und der Brechungswinkel ist grösser, als der Einfallswinkel. Der gebrochene und einfallende Strahl bleiben aber immer mit dem Einfallslothe in einerley Ebene.

1) Wenn z. B. oberhalb AB (Fig. 83.) Luft, unterhalb Wasser ist, so wird der schief einfallende Lichtstrahl SC beym Eintritt ins Wasser nicht nach a fortgehen, sondern der Perpendicullinie DE zugelenkt, und der Brechungswinkel RCE ist kleiner, als der Einfallswinkel SCD.

2) Wenn hingegen ein Lichtstrahl RC aus dem Wasser unterhalb AB schief in die Luft übergeht, so wird er von dem Perpendikel DE abgelenkt, der Brechungswinkel SCD ist grösser, als der Einfallswinkel RCE.

§. 557. Diese Brechung steht zwar nicht im genauen Verhältniß mit dem eigenthümlichen Gewichte der durchsichtigen Mittel; dagegen aber mag die Grösse des Einfallswinkels beschaffen seyn, wie sie will, so findet immer ein beständiges und unabänderliches Verhältniß zwischen dem Sinus des Einfallswinkels $si = ba$, und dem Sinus des Brechungswinkels oder dem Brechungssinus FR für einerley Paar von durchsichtigen Mitteln statt.

§. 558. Jeder Lichtstrahl, der auf die durchsichtigen Körper von verschiedener Dichtigkeit senkrecht auffällt, geht ungebrochen durch.

§. 559. Um nun von diesen Gesetzen der Brechung Anwendung machen zu können auf die davon

ab-

abhängenden Phänomene, ist es nöthig, das Brechungsverhältniß, das ist, das Verhältniß des Brechungssinus FR zum Einfallssinus fi = ba (oder, wenn wir den Strahl umgekehrt gehen lassen wollen, das Verhältniß des Einfallssinus FR zum Brechungssinus fi oder ba) der durchsichtigen Mittel zu wissen, die der Gegenstand unserer Betrachtung sind. Hier genügt es, nur das zwischen Luft und gewöhnlichem Glase, und zwischen Luft und Wasser zu wissen. Das erstere ist nahe wie 3 : 2, das andere fast wie 4 : 3. Demnach ist (Fig. 83.) ba oder fi : FR = 4 : 3.

Der Brechungssinus verhält sich zum Einfallssinus, den man gleich 1,000 annimmt, wenn das Licht aus der durchsichtigen Masse in die Luft geht,

nach Rochon bey	gemeinem Glase wie	1,543
	Flintglase	1,613
	Diamant	2,755
	Bergcrystall	1,575
	Isländischem Crystall	1,625
	destill. Wasser von 14° R.	1,333
	rectificirtem Weingeist	1,378
	gesättigter Kochsalzauflösung	1,375
	Salmiakauflösung	1,382
nach Newton beym	Selenit	1,487
	Steinsalz	1,545
	Alaun	1,458
	Vitriolöhl	1,428
	Kampher	1,500
	Baumöhl	1,466
	Leinöhl	1,481
	Terpenthinöhl	1,470

So viele Erklärungen auch über die wirkende Ursach des Phänomens der Brechung gegeben worden sind, so ist doch keine befriedigender, als die, welche uns Newton selbst davon gegeben hat. Sie reducirt sich auf die Kraft der Cohärenz, oder, wenn man lieber will, der Anziehung der durchsichtigen Materie mit dem Stoff des Lichts, so wie die Reflexion im Gegentheil den Mangel dieser Cohärenz oder Anziehung anzeigt. (§. 531. Anm.). Wir wollen zur Erläuterung annehmen, daß ebene Flächen die Mittel von einander trennen, durch wel-

welche das Licht auf seinem Wege geht, und daß diese Flächen gegen einander parallel sind. Es sey also zwischen den parallelen Flächen NS, nf, Wasser oder Glas enthalten, und darüber und darunter Luft. Man ziehe mit ihnen ML und ml in gleichen Entfernungen davon parallel. Sie sollen den Abstand darstellen, bey welchem die Wirksamkeit des Körpers NSnf auf das Licht thätig zu werden anfängt, der zwar an sich klein ist, der aber um der Deutlichkeit der Zeichnung willen hier verhältnißmäßig so groß vorgestellt wird. Es komme ein Lichttheilchen in der perpendiculären Richtung Ac gegen die Fläche NS. So wie es in c in die Sphäre der Wirksamkeit NS gelangt ist, und von den Theilchen des Körpers NS stärker gezogen wird, als von dem dünnern Medio, aus dem es kömmt, so nimmt seine Geschwindigkeit in dem Raume von c bis t zu; aber es kann dadurch nicht von seinem Wege abgelenkt werden. Es geht blos mit zunehmender Geschwindigkeit fort, und erlangt das Maximum derselben innerhalb tq. So wie es aus q heraustritt, ist die Anziehung des Körpers NSnf dagegen seiner Richtung entgegen, und der Wirkung auf der obern Fläche gleich; es verliert also das Lichttheilchen in dem Raume qd wiederum rückwärts so seine Vermehrung der Geschwindigkeit, als es sie von c gegen t zu wachsend erhielt. Der senkrecht auffallende Strahl erleidet also nach dieser Hypothese keine Brechung, wie die Erfahrung auch lehrt; und die Geschwindigkeit des Lichts außerhalb ML und ml bleibt sich gleich.

Wenn nun das Lichttheilchen in der schiefen Direction Dd gegen ML ankömmt, so kann diese Bewegung in zwey andere DF und Fd zerlegt werden. Da die Wirkung des Körpers NS auf das Lichttheilchen nach der Perpendiculärlinie geschiehet, so kann die parallele Bewegung DF keine Aenderung erleiden; die Bewegung oder Geschwindigkeit Fd hingegen muß, wie vorher gezeigt ist, wachsend zunehmen, und daher muß das Lichttheilchen von dem Puncte d an gegen die Fläche NS zu die krumme Linie dI beschreiben, die ihre hohle Seite gegen NI zugekehrt hat. Die Tangente Ii, die die Richtung des Lichttheilchens beym Eintritt in die Fläche des Körpers NS anzeigt, muß folglich dem Perpendicul Bb näher kommen, und es unter dem kleinern Winkel ilb schneiden, als die erstere Richtung Dd mit dem Perpendicul Bb bey der Verlängerung machen würde. Da in dem Raume Ii die Anziehungskräfte der Materie des Körpers NSnf gegen das Lichttheilchen gleich bleiben, so bleibt es in der Richtung Il unverändert, bis es nach L gelangt. Hier wird die

An-

Anziehung des Körpers gegen das Licht, die auf nk perpendiculär ist, seiner Perpendiculärgeschwindigkeit wiederum hinderlich; sie nimmt daher bey dem Fortgange des Lichts gegen ml zu stufenweise wiederum ab, und es wird seine Bahn eben so von i nach e zu auf die entgegengesetzte Seite gebogen, als es von d nach l geschahe. Es verliert hier allmählich die Zunahme der Perpendiculärgeschwindigkeit wieder, die es in dl erlangte, und hat in e wieder die vorige Geschwindigkeit, die es beym Eingange in d besaß. Da die entgegengesetzten Krümmungen ie und dl gleich sind, so muß auch die Richtung des Lichts in Ee parallel seyn mit der in Dd, wie die Erfahrung lehrt, und es muß wieder vom Perpendicul abgelenkt werden.

Endlich ist auch die Permaneität des Verhältnisses zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels nach dieser Hypothese zu erklären. Es falle nemlich ein Lichtstrahl AI (Fig. 85.) aus der Luft in Glas, so wird er im letztern dem Perpendikel FD zugelenkt werden, und der Winkel PIA = DIE mag seyn, wie er will, so wird der Sinus dieses Einfallswinkels oder EF immer in einem beständigen gleichen Verhältnisse mit dem Brechungswinkel BC seyn; und zwar wird EF : BC immer nahe wie 3 : 2 seyn, wenn der Lichtstrahl aus der Luft in Glas, und nahe wie 4 : 3, wenn er aus der Luft in Wasser übergeht. Weil nemlich die Kräfte der Anziehung im Glase an der brechenden Fläche GH die parallele Geschwindigkeit AP des Lichtpartikelchens nicht ändern, sondern nur die perpendiculäre PI, und diese vermehren, wie vorhin gezeigt worden ist, so wird das Licht in eben der Zeit nach der Brechung von dem Einfallslothe PD um den gleichen Raum CB abgehen, in welcher es sich ihm um den Raum AP näherte. Die Direction des Lichts gegen die Fläche GH mag seyn, welche sie will, so wird, weil die Anziehungskräfte dieser Fläche gleich bleiben, die Zunahme der Perpendiculärgeschwindigkeit PI des Lichts immer dieselbige bleiben, (oder auch die Abnahme derselben, wenn das Licht aus dem dichten in das dünnere Medium übergeht, oder vom Perpendikel abgebrochen wird), oder PI wird mit IC ein immer gleiches Verhältniß haben, indem PI die Perpendiculärgeschwindigkeit des Lichts vor der Brechung, IC sie durch die Brechung vermehrt vorstellt. Hieraus ist klar, daß, weil die Geschwindigkeit des Lichts vor der Brechung aus AP und PI, und nach der Brechung aus CB und IC zusammengesetzt ist, es in einerley Zeit vor der Brechung AI, und nach der Brechung IB durchlaufen müsse. Da nun AP = CB ist, und PI zu IC einerley Ver-

hältniß beständig behält, so ist auch die ganze Geschwindigkeit des Lichts vor dem Brechen zu der nach dem Brechen in einem unveränderlichen Verhältniß. Es ist aber

AI : AP (= BC) = sin. tot. : Einfallssin.
BC : BI = Brechungssin. : sin. tot.

folglich AI : BI wie der Brechungssin. zum Einfallssinus.

Wenn die Strahlen bey dem Uebergange aus dem dünnern Mittel in das dichtere so schief übergehen, daß der Brechungssinus größer werden müßte, als der Sinus totus ist, (welches unmöglich ist), so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung. Es falle ein Strahlencylinder E (Fig. 86.) von der Sonne im finstern Zimmer auf ein gläsernes dreyseitiges, gleichwinkligtes, Prisma in der Direction Ee, so daß er auf der Fläche FV fast senkrecht sey, so wird er fast ungebrochen durchgehen, aber in dem Glase selbst sehr schief auf die Fläche SV gehen; er sollte hier nun bey dem Uebergange in die Luft vom Perpendicul abgelenkt werden; da aber der Brechungssinus dann größer werden müßte, als der Sinus totus, so erfolgt Zurückstrahlung von C nach der Fläche SF, und hier geht er, weil er nahe senkrecht darauf steht, auch fast ungebrochen in die Luft zurück, und bringt hier Erleuchtung zuwege. Auch diese Erscheinung folgt aus der vorher angeführten Ursach der Brechung. Die Anziehung der Theilchen des Glases zu denen des Lichts macht nemlich jetzt bey der Kleinheit des Einfallswinkels in C die Perpendiculärgeschwindigkeit desselben beym Uebergang in die Luft ganz verschwinden, und die Refraction verwandelt sich in Reflexion.

Car. Scherffer institut. physic. II. S. 174. ff.

§. 560. Bey dem Brechen in durchsichtigen ebenen Flächen bleiben schief einfallende parallele Strahlen auch nach dem Brechen parallel, sie mögen aus dem dünnern in das dichtere Mittel, oder umgekehrt gehen. Bey dem Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres von ebener Fläche werden einfallende divergirende in ihrer Divergenz, und einfallende convergirende Strahlen in ihrer Convergenz vermindert; beym Uebergange aus einem dichtern in ein dünneres Mittel von ebener Fläche werden divergirende oder convergirende Strahlen mehr

di-

divergirend oder convergirend. Dies folgt aus dem allgemeinen Gesetze der Brechung (§. 556.).

§. 561. Aus diesem Brechen der Lichtstrahlen in Mitteln von verschiedener Dichtigkeit und ebenen Flächen läßt sich erklären, warum ein Gegenstand unter oder hinter einem ebenen Glase dem Auge fast um $\frac{1}{3}$ näher nach der Oberfläche des Glases zu erscheint, als er wirklich liegt; warum eine Münze in einem Gefäße, die bey einer gewissen Stellung des Auges nicht zu sehen ist, sichtbar werden kann, wenn das Gefäß mit Wasser gefüllt wird; warum der Boden eines Gefäßes mit Wasser hohl zu seyn und höher zu liegen scheint; warum ein Stock im Wasser gebrochen erscheint; warum ein Fisch im Wasser nicht an seinem wahren Orte, sondern ohngefähr um $\frac{1}{4}$ näher nach der Oberfläche zu gesehen wird; warum Sterne schon vor ihrem wirklichen Aufgange und noch nach ihrem wirklichen Untergange wahrgenommen, und eine Mondfinsterniß gesehen werden könne, wenn die Sonne noch über unserm Horizont erscheint; warum die Gestirne höher nach dem Zenith zu beobachtet werden, als sie wirklich stehen; und worin endlich überhaupt die astronomische Strahlenbrechung (refractio astronomica) bestehe.

Gehlers physikalisches Wörterb. Th. IV. S. 243. ff. Einleitung in die astronomischen Wissenschaften, verf. von Lampert Himr. Röhl. Th. I. Greifswalde 1768. 8. S. 96 — 140.

Noch gehören hieher;

1) die vervielfältigte Erscheinung eines Gegenstandes durch ein Rautenglas (Polyedrum).

Es sey ABCD (Fig. 87.) ein vielflächigt geschliffenes Glas. Die drey vordern Flächen BC, CD, und DA seyen dem Gegenstande F zugerichtet, und hinter der Fläche BA befinde sich das Auge in o. Dies sieht nun den Punct F dreyfach, in F, in L, und in M.

Denn der Strahlenkegel, der auf die Fläche CD von dem strahlenden Puncte fällt, und wovon wir hier nur die Achse Fg gezeichnet haben, geht, da er senkrecht auf den Flächen CD und BA steht, ungebrochen in das Glas und heraus, und gelangt zum Auge in o. Der Strahlenkegel Fb, der auf die Fläche CB fällt, wird im Glase dem Perpendikel zugelenkt, und beym Austritt aus dem Glase vom Perpendikel abgelenkt, und gelangt auch zum Auge in o, das nun den Gegenstand nach L setzen muß; eben so ist es endlich mit dem Strahlenkegel Fh, der auch nach den erlittenen Brechungen zum Auge in o kömmt, und die Vorstellung des Sehens in M erzeugt.

2) Die dioptrischen Anamorphosen; oder Zeichnungen einzelner Theile, die durch ein polyedrisches Glas betrachtet als ein ordentliches Ganzes erscheinen.

Jo. Geo. Leutmanns Anmerkungen vom Glasschleifen. Wittenberg 1728. 8. S. 96. ff.

3) Die scheinbare Ortsveränderung der Körper, die durch ein gläsernes Prisma betrachtet werden.

4) Die besondern Erscheinungen der Strahlenbrechung in der Luft, die an verschiedenen Stellen ungleich erwärmt, und also ungleich dicht ist, nach Hrn. Büsch und Gruber.

Büsch tractatus duo optici argumenti, Hamb. 1783. Tob. Gruber physikalische Abhandlung über die Strahlenbrechung und Abprallung von erwärmten Flächen, Dresden 1787. 4.

5) Die merkwürdige, aber noch immer problematische, scheinbare Verdoppelung des Gegenstandes durch den durchsichtigen Kalkspath, oder isländischen Krystall.

Gehlers physikal. Wörterb. Th. II. S. 820. ff.

§. 562. Aus den allgemeinen Gesetzen der Stahlenbrechung (§. 556. 557.), und der Kenntniß des Verhältnisses der Refraction der durchsichtigen Mittel (§. 558.), läßt sich durch Zeichnungen oder durch Rechnung leicht bestimmen, wie die Brechung der Strahlen in gekrümmten Flächen geschiehet. Wir betrachten nur hier die Brechung der Strahlen in Gläsern, wovon eine oder beide Flächen eine erhabene oder hohle Kugelgestalt haben, die man Linsen oder Lupen (lentes) nennt. Sie

sind

sind entweder auf einer Seite eben und auf der andern erhaben (planconvex) (Fig. 88.); oder auf beiden Seiten erhaben (convexconvex) (Fig. 89.); oder auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite kleiner ist, als der hohlen (Meniscus) (Fig. 90.). Diese drey Arten heißen auch zusammen **erhabene Linsen** (lentes convexae); denen die **hohlen Linsen** oder **Hohlgläser** (lentes concavae) entgegengesetzt sind, wo entweder die eine Seite eben, die andere hohl ist (planconcav) (Fig. 91.), oder beide Seiten hohl sind (concavconcav) (Fig. 92.), oder eine Seite hohl, die andere erhaben ist, so daß der Halbmesser der erhabenen Seite größer ist, als der hohlen (concavconvex) (Fig. 93.). Ein Glas, das auf einer Seite erhaben und auf der andern hohl ist, aber mit einerley Halbmesser, z. B. ein Uhrglas, bricht die Strahlen wie ein planes Glas.

§. 563. Die gerade Linie DE (Fig. 94.), welche durch die Mitte der Linse AB geht, und auf beiden Flächen derselben perpendiculär steht, heißt die **Axe der Linse**. Die Größe der Linse bestimmt man nach der Krümmung ihrer Convexität oder Concavität, und heißt einzolligt, zweyzolligt, zehnfüßig, zwanzigfüßig, u. s. w. wenn der Durchmesser der Kugel eE, oder dD, wovon die Oberfläche des Glases ein Abschnitt ist, 1 Zoll, 2 Zoll, 10 Fuß, 20 Fuß, u. s. w. beträgt.

§. 564. Wenn parallele Strahlen auf erhabene Glaslinsen nahe bey der Axe des Glases fallen, so werden sie so gebrochen, daß sie hinter der Linse nach der Axe des Glases zusammengehen, und sich in ei-

einem Puncte vereinigen, welcher der Brennpunct (focus) der Linse heißt. Hinter diesem Puncte durchkreuzen sich die Strahlen wieder, und werden divergirend. Wenn statt paralleler Strahlen divergirende Strahlen eines leuchtenden Punctes auf die erhabene Linse fallen, so werden sie nach dem Brechen 1) weniger divergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes kleiner ist, als die Brennweite der Linse; 2) parallel, wenn der leuchtende Punct selbst im Brennraume ist; 3) convergirend, wenn die Entfernung des leuchtenden Punctes größer ist, als die Brennweite. Convergirend auffallende Strahlen werden durch diese Linsen nach dem Brechen natürlicher Weise noch mehr convergirend. Man nennt die erhabenen Linsen wegen der angeführten Wirkungen auch Sammlungsgläser.

1) Es fallen (Fig. 95.) auf die biconvexe Linse ab mit der Achse derselben hk die parallelen Strahlen g und b nahe bey der Achse des Glases ein. Sie werden auf der vordern Fläche des Glases erst dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Ausgange aus der hintern Fläche vom Einfallslothe abgelenkt, sie werden convergirend, und vereinigen sich mit der Achse des Glases in F, von wo sie wieder als divergirende auseinander fahren, wenn sie sich durchkreuzt haben.

2) Wenn die Strahlen als divergirende auf diese Linse fallen, so werden sie durchs Brechen entweder weniger divergirend, oder parallel, oder convergirend, nach der verschiedenen Entfernung des strahlenden Punctes von der Linse. Steht nemlich 1) der strahlende Punct im Brennpunct der Linse, z. B. in F (Fig. 95.), so werden die Strahlen zu parallelen; 2) steht er näher, als der Brennpunct, so werden sie weniger divergirend, wie Fig. 96., wo der strahlende Punct g näher an der Linse steht, als der Brennpunct F, und wo die Strahlen gl und gm durch die Brechung beym Eingang in die Linse und beym Ausgang aus derselben, die Richtung von dn und eo erhalten. Der mittlere Strahl gk geht ungebrochen durch, da er senkrecht auf den Flächen der Linse steht. Werden die Strahlen nd und oe rückwärts verlängert, so treffen sie

sie in p zusammen. Da nun der Winkel lpn kleiner ist, als lgm, so ist auch die Divergenz der Strahlen durch die Brechung vermindert worden, und die Strahlen fahren so aus der Linse, als ob sie von einem weiter entfernten Puncte herkämen, als g ist. 3) Wenn der leuchtende Punct weiter entfernt ist, als die Brennweite, so werden die davon auf die Linse fahrenden divergirenden Strahlen zu convergirenden, wie Fig. 97. wo der strahlende Punct A weiter von der Linse ab absteht, als ihr Brennpunct F; die Strahlen Ao und Aq vereinigen sich nach den erlittenen Brechungen hinter der Linse mit der verlängerten Achse AG in G. Ist G der strahlende Punct, so ist A der Vereinigungspunct der gebrochenen Strahlen.

3) Convergirende Strahlen werden noch stärker convergirend durch die Brechung in diesen Linsen. Es sey (Fig. 96.) ab eine biconvexe Linse, gegen welche die convergirenden Strahlen nd und oe fahren, die ohne die Linse in p zusammenlaufen würden. Sie werden durch Brechung beym Eintritt in die Linse und beym Austritt aus derselben nach g zu gebrochen, und vereinigen sich daselbst mit der Achse. Da nun der Winkel lgm größer ist, als lpm, so ist auch die Convergenz der Strahlen größer (§. 524.).

§. 565. Die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen von der Krümmung des Glases (wenn man auf die Dicke des Glases nicht Rücksicht nimmt) heißt die **Brennweite** (distantia focalis). Man findet dieselbe, wenn man die Länge des einen Halbmessers mit der Länge des andern multiplicirt, und das Product mit der halben Summe dieser Halbmesser (beym Meniscus aber das Product der Halbmesser mit ihrer halben Differenz) dividirt. Bei dem gleichförmig convexconvexen Glase ist folglich die Brennweite dem gemeinschaftlichen Halbmesser der beiden Flächen des Glases gleich; beym planconvexen aber dem Durchmesser der Kugel, wovon die erhabene Seite ein Segment ist. Bei einer Kugel von Glas liegt er um den vierten Theil ihres Durchmessers hinter derselben.

Wegen der häufigen Anwendung, die man von den convexen Glaslinsen zu machen hat, ist es nöthig, den Abstand des Vereinigungspunctes, der durch die Linse gehenden Strahlen mit der Achse der Linse, von der Linse, berechnen zu können, wenn der Radius der Krümmungen der Linse, der Abstand des leuchtenden Punctes, und das Brechungsverhältniß zwischen Luft und Glas gegeben sind. Die allgemeine Formel dazu läßt sich aus Folgendem herleiten. Es sey ab (Fig. 98.) eine biconvexe Linse mit ungleichen Krümmungen; der Halbmesser AK der Krümmung AI sey r, der Halbmesser BC der Krümmung BT sey R; der leuchtende Punct o sey in der verlängerten Achse der Linse. Wir wollen hier annehmen, daß der einfallende Strahl der Achse sehr nahe einfalle, so daß wir OI für OA, PT für PB, und AI und BT für gerade Linien halten können. Man ziehe KI, als das Einfallsloth, und verlängere OI geradlinigt, so ist KIG der Einfallswinkel, und KG der Sinus davon. Da der Strahl beym Eintritt in das Glas dem Einfallslothe zugelenkt wird, so würde er nach der ersten Brechung auf der Fläche AI in I die Richtung IP erhalten. Man ziehe also IP, und fälle von K das Perpendikel KH auf IP, so ist KH der Brechungssinus. Dieser Brechungssinus verhalte sich zum Einfallssinus, wenn das Licht aus der Luft in die Linse tritt, wie p zu q, und wenn es aus der Linse in die Luft tritt, wie q zu p. Man ziehe also noch aus C das Einfallsloth CT auf T, wo der Strahl I in der Richtung nach P zu aus dem Glase tritt, und bey diesem Austritt vom Einfallslothe abgebrochen wird, und in die Richtung TE geht. Man verlängere PT nach D zu, und FT nach E zu, und ziehe CD auf DP und CE auf EF perpendiculär, so ist CTD der Einfallswinkel, und CTE der Brechungswinkel für den in T aus der Linse in die Luft übergehenden Strahl. Es sey CD = m, KG = n. Es erhellet aus der Figur, daß p : q = KG (oder n) : KH; folglich ist KH = $\frac{nq}{p}$; ferner ist klar, daß q : p = CD (oder m): CE; folglich ist CE = $\frac{mp}{q}$. Es sey ferner OA, oder die Entfernung des leuchtenden Punctes von der Linse = d, die Dicke der Linse oder AB = c, PB = z, und der gesuchte Abstand des Vereinigungspunctes des Strahls nach den Brechungen mit der Achse in F, oder FB = x. Da die rechtwinkligten Dreyecke OAI und OKG ähnlich sind, so ist OK : OA = KG : AI, das ist, nach dem vorher dafür substituirten Werth, d + r : d = n : AI; es ist folglich AI

=

$= \frac{dn}{d+r}$. Da ferner die Dreyecke PAI und PKH ähnlich sind, so ist PA : PH = AI : KH, das ist, nach dem dafür substituirten Werth, wie $z + c : z + c - r = \frac{dn}{d+r} : \frac{nq}{p}$. Multiplicirt man nun die mittlern und äußersten Glieder dieses Verhältnisses, so erhält man $\frac{dnz + dnc - dnr}{d + r} = \frac{nqz + nqc}{p}$, woraus man den Werth von $z = \frac{dcq + cqr + dpr - dcp}{dp - dq - qr}$ findet. Da weiter die Dreyecke PCD und PBT ähnlich sind, so ist PD : PB = CD : BT, d. i. $z + R : z = m : BT$. BT ist also $= \frac{mz}{z+R}$. Weil endlich auch die Dreyecke FCE und FBT ähnlich sind, so ist FC : FB = CE : BT, d. i. $x + R : x = \frac{mp}{q} : \frac{mz}{z+R}$. Hieraus entsteht die Gleichung $\frac{xmp}{q} = \frac{mzx + mzR}{z + R}$, woraus man einen andern Werth für $z = \frac{pRx}{qx + qR - px}$ erhält. Aus der Vergleichung dieser beiden Werthe, um x zu erhalten, und nach den gehörigen Reductionen findet man

$$x = \frac{dpqRr + dcqqR - dcpqR + cqqRr}{dppR - dpqR - pqRr - dcqq - dpqr + 2dcpq - dcpp + dppr - cqqr + cpqr}.$$

Wenn wir nun die Dicke der Linse AB = c für nichts oder = o rechnen, wie wir in der Praxis thun können, so wird in der vorigen Formel

$$x = \frac{dpqRr}{dppR - dpqR - pqRr - dpqr + dppr}$$

$$= \frac{dqRr}{dp\ (R + r) - dq\ (R + r) - qRr}$$

$$= \frac{dqRr}{d\ (p - q)\ (R + r) - qRr}.$$ Dies ist nun die allgemeine Formel für die Bestimmung des Abstandes des Vereinigungspunctes der Strahlen von der Linse, oder für FB, wo die Dicke der Linse nicht in Betracht kömmt; und zwar dient sie nicht nur für Glas, sondern für jeden andern durchsichtigen Körper, wenn nur das Brechungsverhältniß (p : q) bekannt ist, und die Halbmesser der Krümmungen der brechen-

den

den Flächen (R, r), so wie der Abstand (d) des leuchtenden Punctes, in Füßen, Zollen oder Linien gegeben ist. Beym Glase ist $p = 30$, genauer aber $= 31$, $q = 20$ zu nehmen.

Wenn parallele Strahlen auf die Glaslinse fallen so wird $d = \infty$ zu halten seyn, und es wird in der vorigen Formel $x = \frac{qRr}{(p-q)(R+r)}$. Ist nun 1) die Glaslinse biconvex, und zwar mit gleichen Halbmessern der Krümmung, so ist $R = r$, und für parallele Strahlen wird dann $x = \frac{qr^2}{2r(p-q)}$. Wenn wir $p = 2$, $q = 3$ nehmen, so ist $x = 1$, oder gleich dem Halbmesser der Krümmung, wie es im §. angegeben ist. 2) Ist die Glaslinse planconvex, so wird für die ebene Fläche derselben $R = \infty$, und für parallele Strahlen ist $x = \frac{qr\infty}{p\infty - \infty q + pr - qr} = \frac{qr}{p-q}$. Wenn wir das Brechungsverhältniß im Glase $p : q = 3 : 2$ nehmen, so wird $x = 2r$, folglich gleich dem Durchmesser der erhabenen Seite, wie im §. angegeben ist. 3) Ist die Glaslinse endlich ein Meniscus, so wird der eine Halbmesser der Krümmung, oder R negativ, und für parallele Strahlen verwandelt sich die obige Formel in $x = \frac{qRr}{(p-q)(R-r)}$. Nehmen wir das Brechungsverhältniß im Glase $= 3 : 2$, so ist $x = \frac{2Rr}{R-r} = \frac{Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$, oder gleich dem Producte der Halbmesser, dividirt durch ihre halbe Differenz, wie es im §. angegeben worden ist.

De la Caille lectiones elementares opticae, Vindob. 1757. 4. Rob. Smiths vollständiger Lehrbegriff der Optik, a. d. Engl. mit Aender. und Zus. von Abr. Gotth. Kästner, Altenb. 1755. 4. S. 81. ff. Kästners Anfangsgr. der Dioptrik, Göttinq. 1780. S. 345. ff. Karstens Anfangsgründe der mathematischen Wissenschaften, B. III. S. 316. ff. *Seberffer* institutiones physic. P. II. S. 235. ff. S. 320. ff.

§. 566. Eigentlich kommen nur diejenigen parallelen Strahlen nach dem Brechen in einen Punct zusammen, die der Axe des Glases unendlich nahe sind. Je weiter die parallelen Strahlen von der Axe einfallen, desto kürzer ist der Abstand ihres Vereini-

einigungspunctes vom Glase. Die Entfernung dieses vom erstern Puncte heißt die **Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt des Glases** (aberratio ex figura).

§. 567. Sonst kann man die Entfernung des Brennpunctes paralleler Strahlen der erhabenen Linsen (obgleich nicht mit aller Schärfe) auch practisch finden. 1) Man lasse die Sonnenstrahlen auf die Linse, und die darin gebrochnen auf einen andern Körper fallen, und bewege die Linse so lange gegen diesen, bis der Punct am hellleuchtendsten und kleinsten wird. Seine Entfernung von der Linse ist die Brennweite. 2) Man bedecke die eine Fläche der Linse mit einem genau darauf anschließenden Papier, worin viele kleine runde Löcher geschnitten sind, und lasse Licht der Sonne hindurch auf eine parallel darunter gehaltene Fläche fallen. Ist diese Fläche weiter oder näher von der Linse, als die Brennweite, so entstehen so viel leuchtende Kreise, als Löcher im Papier sind; im Brennpuncte hingegen vereinigen sie sich alle in einen Kreis. 3) Man halte die Linse gegen eine weiße Wand oder Tafel, und lasse nun einen Gegenstand, dessen Distanz die Länge des Brennpunctes aber wenigstens tausendmal übertreffen muß, darauf durch die Linse sich abbilden. Wenn das Bild am deutlichsten ist, so steht die Wand in der Brennweite der Linse. 4) Am besten findet man diese auch in einem dunkeln Zimmer, in welches durch die Linse das Sonnenlicht hineinfällt. Die Entfernung der Spitze des sich hier bildenden Strahlenkegels von der Linse ist die Brennweite. Die Gründe von allen diesem werden aus dem Folgenden erhellen.

§. 568. Jetzt läßt sich auch bestimmen, wie diese erhabene Linsen Bilder von den vor ihnen befindlichen Objecten machen, wenn man zugleich das erwägt, was (§. 544.) gesagt worden ist. 1) Wenn die von dem Gegenstande ausfahrenden und auf die Linse fallenden Strahlen als parallel anzusehen sind, so ist der Brennpunct das Bild des Gegenstandes, und man kann ihn überhaupt als das Bild eines unendlich entfernten Gegenstandes ansehen. 2) Kein Bild kann dem Glase näher liegen, als der Brennpunct. 3) Wenn der Gegenstand im Brennpuncte sich befindet, so macht er gar kein Bild, oder er macht ein unendlich großes Bild, in einer unendlichen Entfernung, weil die divergirenden Strahlen dann nach dem Brechen zu parallelen werden, die nicht, oder in einer unendlichen Entfernung, zusammenlaufen. 4) Wenn aber die Strahlen von einem Objecte kommen, das noch weiter vom Glase liegt als der Brennpunct, und dessen Strahlen, die von seinen einzelnen Puncten auf die Linse fallen, als divergirende darauf kommen, so vereinigen sich die Strahlen eines jeden Punctes des Objects wieder hinter der Linse, und machen ein Bild des ganzen Gegenstandes, das aber verkehrt liegt, und weiter vom Glase entfernt ist, als die Brennweite. 5) Würde in diesem Fall an dem Orte des Bildes der Gegenstand seyn, so würde das Bild desselben da zu stehen kommen, wo der Ort des Gegenstandes selbst war. 6) Je näher das Object dem Glase kömmt, desto weiter rückt das Bild vom Glase weg, und wird zugleich desto größer, und es wird endlich ganz verschwinden, wenn das Object in den Brennpunct des Glases kömmt. 7) Endlich wenn der Gegenstand näher

nach

nach dem Glase liegt, als der Brennpunct, so kann gar kein Bild entstehen, da die Strahlen nicht zusammenfahren, sondern divergirend bleiben.

Versuche: 1) Das Bild der Flamme eines Lichtes stellt sich hinter einer convexen Linse klein und verkehrt vor, wenn die Flamme weit vom Brennpuncte der Linse entfernt ist; wird größer und entfernter, wenn die Flamme dem Brennpuncte näher kömmt; verschwindet endlich gänzlich, wenn die Flamme in den Brennpunct kömmt.

2) Man lasse im finstern Zimmer die parallelen Strahlen der Sonne auf eine erhabene Linse fallen, wo man den durch Brechung in der Linse hinter derselben sich bildenden Strahlenkegel, und den umgekehrten nach der Durchkreuzung der Strahlen wahrnehmen kann.

Die Strahlen der Sonne sind wegen der weiten Entfernung derselben von der Erde als parallel unter einander anzusehen; daher zeigt sich hinter der Glaslinse im Brennpuncte derselben das kreisrunde Bild der Sonne, der wegen der Erhitzung, die er bewirkt, zu der allgemeinen Benennung des Brennpunctes für den Vereinigungspunct der parallel einfallenden Strahlen Anlaß gegeben hat.

Ferner halte man eine erhabene Linse von mehrern Zollen Brennweite erst dicht vors Auge, und sehe dadurch nach einem gehörig erleuchteten Gegenstande, der viel weiter vom Glase absteht, als die Brennweite, so wird man den Gegenstand dadurch erkennen; man entferne nun die Linse vom Auge, so wird der Gegenstand allmählich dem Auge verschwinden; bey noch weiterer Entfernung der Linse vom Auge aber endlich verkehrt und verkleinert wahrgenommen werden, und desto kleiner erscheinen, je weiter man die Linse vom Auge entfernt hat.

Es sey (Fig. 99.) OCB ein Object, das von der biconvexen Glaslinse ab weiter abstehe, als derselben Brennpunct F. Von dem mittlern Puncte C des Objects geht ein Strahlenkegel nach der Linse, und die divergirenden Strahlen desselben werden zu convergirenden, vereinigen sich aber später zusammen als in der Brennweite der Linse f, wie die Berechnung im §. 565. lehrt; sie kommen in c zusammen, und fahren hier wieder als divergirende auseinander. Ihr Vereinigungspunct in c ist das Bild vom Puncte C. Eben so wirft der Punct O und B jeder einen Strahlenkegel nach der Linse, und die Strahlen jedes Kegels werden durch die Brechung zu convergirenden, und machen ein

Bild

Bild in o und b von den Puncten O und B. So entsteht nun ein Bild bco des ganzen Objects OCB, das aber gegen das Object verkehrt steht, und der Linse näher ist, als das Object auf der andern Seite. Wenn bco das Object wäre, so würde OCB das Bild davon seyn. — Wenn in bco eine zurückstrahlende Fläche ist, die sonst nur wenig Erleuchtung erhält, so wird das Bild bco des Gegenstandes OCB darauf wahrzunehmen seyn.

§. 569. Die Entfernung des Bildes hinter dem Glase findet man, wenn man das Product aus der Brennweite des Glases in die Entfernung des Objectes vom Glase durch die Differenz der Entfernung des Objectes von der Brennweite des Glases dividirt. Der Quotient giebt die Entfernung des Bildes. Die Entfernung des Objectes vom Glase verhält sich zur Entfernung des Bildes von demselben, wie der Halbmesser des Objects zum Halbmesser des Bildes.

§. 570. Zur Erläuterung der bisher vorgetragenen Sätze von der geradlinigten Ausbreitung des Lichts, der Zurückstrahlung, und besonders der Brechung in erhabenen Gläsern, und auch sonst zur Belehrung und Belustigung, dienen:

1) Die Camera obscura des Baptista Porta, wovon man die optische und dioptrische unterscheidet. Zu der letztern gehört auch die sogenannte helle Kammer (camera clara).

I. B. Portae Magiae naturalis, sive de miraculis rerum naturalium libr. IV. Neap. 1558, Fol. Antwerp. 1576. 12. sehr verm. in libr. XX. Neap. 1589. Fol. Amstelod. 1664. 12.

2) Kirchers Zauberlaterne (laterna magica).

Athanas. Kircheri ars magna lucis et umbrae. Amstelaed. 1671. Fol. *S'Gravesande* Phys. elem. mathem. T. II. S. 873. ff.

3) Lie-

3) Lieberkühns Sonnenmikroskop (microscopium solare).

Beschreibung eines verbesserten Sonnenmikroskops, von Joh. Ernst Basil. Wiedeburg. Nürnb. 1758. 4.

4) Adams Lampenmikroskop.

Essay on the microscope, by *Adams*. Lond. 1787. gr. 4. S. 65.

5) Martins Sonnenmikroskop für undurchsichtige Gegenstände, wozu auch Aepinus eine Einrichtung des gewöhnlichen Sonnenmikroskops nach Lieberkühns Vorschlage beschrieben hat.

Description and use of an opake solar Microscope. Lond. 1774. 8. Adams a. a. O. S. 92. Emendatio microscopii solaris, auct. *F. V. T. Aepino*, in den *nov. Comment. petrop. T. IX.* S. 316. ff.

1) Die optische Camera obscura macht man gewöhnlich daraus begreiflich, daß man annimmt, es fahre (Fig. 100.) durch die enge Oeffnung f der Wand ab, die das finstere Zimmer von den erleuchteten Gegenständen trennt, von jedem Puncte dieser Gegenstände, welcher der Oeffnung zugekehrt ist, ein Lichtstrahl durch das Loch, (wie von den Puncten C, E und D des Gegenstandes der Strahl Cc, Ee, und Dd) und falle auf die Wand im finstern Zimmer, ohne daß zugleich von den benachbarten Puncten des Gegenstandes ein Lichtstrahl auf denselben Punct dieser Wand fallen kann. Von dieser Wand gehen nun die Lichtstrahlen wieder zurück in das Auge des Zuschauers, der also auf derselben das umgekehrte Bild dec des Gegenstandes CED sieht. Denn da die Strahlen sich in der Oeffnung durchkreuzen, so muß das Bild verkehrt werden. Es wird desto kleiner seyn müssen, je näher die Wand, worauf es sich abbildet, an der Oeffnung steht; desto größer, je weiter sie davon entfernt ist. Indessen ist diese Vorstellung von einzelnen Lichtstrahlen, die von den Puncten des Gegenstandes nach der Oeffnung zugehen sollen, nicht der Natur gemäß, sondern es fahren vielmehr von den erleuchteten Puncten Strahlenkegel nach der engen Oeffnung f, die ihre Spitze am strahlenden Puncte haben, und deren Grundfläche die Oeffnung f ist. Die Strahlen dieser einzelnen Lichtkegel brei-

breiten sich bey ihrem Fortgange durch die Oeffnung im Zimmer immer weiter aus, und bilden auf der Wand, von der sie aufgefangen werden, erleuchtete Kreisflächen oder elliptische Flächen, je nachdem sie senkrecht, oder schief darauf fallen. Diese Flächen, die von den Kegeln benachbarter strahlender Puncte des Objects herrühren, decken sich größtentheils; von jeder Fläche bleibt aber doch ein Punct, nemlich um des Lichtkegels Achse, der das empfangene Licht reiner und minder vermischt ins Auge divergirend zurückstrahlt, als die übrigen, von andern benachbarten Flächen mehr gedeckten, Puncte dieser Fläche. So entsteht nun durch die Zurückstrahlung von diesen Puncten der Wand die Empfindung eines Bildes des Gegenstandes. Da die Strahlenkegel sich durchkreuzen, so ist das Bild verkehrt. Je weiter von der Oeffnung im finstern Zimmer das Bild aufgefangen wird, um desto geringer ist wegen der Divergenz der Strahlen die Erleuchtung der zurückstrahlenden Puncte der Wand, um desto minder lebhaft ist also das Bild, und auch um desto mehr vergrößert. Da die weiße Wand das Licht so zurückstrahlt, wie sie es empfängt, so behalten auch die Puncte des Bildes die Farbe, welche die Strahlen des Strahlenkegels halten, von dem das Licht des Punctes herrührt; das Auge sieht also das Bild mit den natürlichen Farben des Objects. Je größer die Oeffnung f wird, desto undeutlicher wird das Bild, weil sich dann desto mehr Strahlenkegel verschiedener Puncte decken, folglich jene zurückstrahlende Puncte der Wand desto mehr das Licht vermischt mit dem Lichte anderer benachbarter strahlender Puncte dem Auge zusenden, und also das Bild des ganzen Gegenstandes weniger rein erhalten werden kann. Indessen darf auch die Oeffnung nicht gar zu fein seyn, weil sonst wieder nicht Erleuchtung genug stattfindet, um die Netzhaut im Auge gehörig zu afficiren. Hierin ist auch der Grund zu suchen, warum man bey verengerter Pupille, wenn man aus dem starken Tageslichte plötzlich ins finstere Zimmer tritt, das Bild der Wand nicht gleich sieht, sondern erst eine Zeitlang nachher, wenn durch die erfolgende Erweiterung der Pupille mehr Licht ins Auge kommen kann. Uebrigens erhellet aus dem Angeführten leicht, warum die Bilder im finstern Zimmer nie scharfe und genaue Umrisse und nie die Deutlichkeit des Gegenstandes haben, und warum sie, bey übrigens gleicher Oeffnung und gleicher Entfernung der Wand davon, desto lebhafter sind, je mehr die sich abbildenden Gegenstände erleuchtet sind.

In jedem Zimmer, vor welchem erleuchtete Gegenstände stehen, deren Puncte durch die Fenster des Zimmers Strahlenkegel auf die Wände des Zimmers werfen, würden Bilder dieser Gegenstände entstehen müssen. Da aber hier jeder Punct der Wand nicht bloß von einem Puncte der Gegenstände, sondern auch von unzähligen andern zugleich Licht empfängt, das er wieder zurückstrahlt, so kann kein reines und unvermischtes Bild der Gegenstände erzeugt werden; wir können also keine Bilder empfinden, sondern sehen bloß die zurückstrahlenden Puncte der Wand selbst.

Wenn in die Oeffnung f der Wand des finstern Zimmers ab (Fig. 101.) eine kleine erhabene Glaslinse gesetzt wird, deren Brennweite mehrere Fuß beträgt, so werden die divergirenden Strahlen der Strahlenkegel, die von den leuchtenden Puncten der Gegenstände nach der Linse zugehen, durch die Brechung zu convergirenden; wird nun die Wand, auf der sich das Bild abmahlen soll, genau in den Vereinigungspunct der Strahlen der einzelnen Strahlenkegel gestellt, so entsteht ein reineres Bild des strahlenden Punctes, und so des ganzen Gegenstandes auf der Wand in dieser dioptrischen Camera obscura, als in der vorigen optischen. Da aber bey der verschiednen Entfernung mehrerer strahlenden Puncte der Objecte, und eines und desselben Objects, von der Linse, der Vereinigungspunct der einzelnen Strahlen, die zu einerley Strahlenkegel gehören, ungleich weit von der Linse entfernt ist, so sieht man leicht, daß man von den verschiedentlich weit entfernten Gegenständen, oder Puncten der Gegenstände, nicht gleich deutliche Bilder erhält. Das Bewundernswürdige unsers Auges, das so viel Aehnlichkeit mit der Camera obscura dioptrica hat, liegt eben in der Einrichtung, wodurch die Krystallinse der Netzhaut mehr genähert, oder mehr davon entfernt werden kann, freylich nur auf eine begränzte Weite, die aber für unsere Bedürfnisse hinreichend ist. — Nach Leutmann wird das Bild des dunkeln Zimmers am besten, wenn man sich eines Meniscus in der Oeffnung f bedient.

Hieher gehört nun auch die tragbare Camera obscura (Camera obscura portatilis), der im Ganzen die Einrichtung des eigentlich finstern Zimmers ähnlich ist. (M. s. *Muschenbroek* introd. ad philos. nat. §. 2333.).

Die Rheinthalerische *Camera clara* ist im Grunde nichts weiter, als eine solche tragbare Camera obscura, übertrifft aber an Nettigkeit der Abbildung und an Klarheit des Bildes die letztere sehr; ihr Unterschied ist, daß das Bild darin nochmals durch ein erhabenes Glas be-

trachtet wird, und daß wegen der großen Oeffnung der Gläser die Darstellung darin sehr licht und hell wird. Es sey (Fig. 102.) DFGH ein hölzerner Kasten, der zur Verhütung des falschen Lichtes inwendig schwarz gefärbt ist. In der vordern Wand DG ist ein erhaben geschliffenes Glas; in der Diagonalfläche lm steht ein Planspiegel, und in der obern Wand DF ist wieder ein erhaben geschliffenes Glas. Wenn nun die vordere Wand DG einem erleuchteten Gegenstande zugekehrt ist, der weiter davon absteht, als die Brennweite der Linse in DG beträgt, so würde er in dem Kasten hinter der Linse ein umgekehrtes Bild von sich machen, das um desto mehr verkleinert ist, und desto näher gegen die Linse zu steht, je weiter der Gegenstand vom Glase entfernt ist, wie aus dem Vorigen bekannt ist. Ehe aber die Strahlen der einzelnen Strahlenkegel zu einem Puncte, oder zu einem Bilde des Punctes zusammentreffen können, fahren sie auf den Planspiegel lm, werden von diesem unter eben dem Winkel reflectirt, unter dem sie auffallen, und machen ein horizontales Bild des ganzen Gegenstandes in der Verkleinerung, die der Weite des Gegenstandes und der Krümmung der Linse zugehörig ist. Da dies Bild der obern Linse näher liegt, als ihre Brennweite beträgt, so werden die davon ausfahrenden Strahlen bloß als minder divergirende ins Auge kommen, und also nur verursachen, daß das Bild tiefer vom Auge hinabgesetzt, und unter einem größern Sehewinkel wahrgenommen wird. Je weiter der Gegenstand von der Linse in DG abrückt, desto weiter liegt das Bild ab von der Linse in DF hinab entfernt, desto weniger divergirend werden die Strahlen, die von den Puncten, welche das Bild machen, und nach der Linse in DF zugehen, nach der Brechung in derselben, folglich desto weiter scheint das Bild entfernt. Daher bilden sich Landschaften u. d. gl. Gegenstände in dieser Camera clara perspectivisch ab. Gewöhnlich ist die Einrichtung so gemacht, daß die Wand DG vom Spiegel ml mehr oder weniger entfernt werden kann, wodurch das Bild eines nahen Gegenstandes, welches durch das Glas in DF betrachtet wird, mehr oder weniger vergrößert erscheint. Um das Bild in dieser Camera clara zu sehen, muß man das Auge über das Glas in FD halten. Es ist aber zu merken, daß auf dies Glas wenig oder kein sehr starkes Licht von andern Gegenständen fallen muß, wenn man das Bild darunter gehörig deutlich sehen will; daher ist es am besten, auf DF noch einen oben offenen viereckigten, inwendig geschwärzten Kasten von Pappe oder Holz zu setzen, in den man hinab sieht.

a) Das

2) Das Wesentliche der Zauberlaterne wird aus Folgendem erhellen. Im Brennpuncte F eines Hohlspiegels ab (Fig. 103.) stehe die Flamme einer Lampe. Die divergirenden Strahlen Fg, Fe, Fh werden von demselben als parallele zurückgeworfen; sie treffen bey ihrem Fortgange auf das erhabene Glas Kl, und werden durch dasselbe zu convergirenden Strahlen gemacht. Ehe sie aber noch in dem Brennpuncte der Linse Kl zusammenlaufen, treffen sie auf die durchscheinend gemalte Abbildung auf Glas, das in ADB steht. (Die übrigen Stellen des Glases sind undurchsichtig gemacht). Die Strahlen gewähren solchergestalt der Abbildung eine starke Erleuchtung. Sie fahren convergirend auf die zweyte Glaslinse mn, und werden dadurch noch stärker convergirend; sie treffen in f mit der Achse zusammen, durchkreuzen sich daselbst, und gehen als divergirende auf die dritte Glaslinse op, wo sie, weil f näher liegt, als die Brennweite paralleler Strahlen ist, als minder divergirende ausfahren. Steht nun die Lampe in einem Gehäuse eingeschlossen, das bloß nach der Seite der Linsen zu offen ist, so wird in einem dunkeln Zimmer auf der weißen Wand bda ein hell erleuchteter Kreis gebildet, wenn das Gemälde AB nicht da ist, der desto größer ist, je weiter die Wand bda von der Zauberlaterne entfernt steht, der aber auch desto mehr in der Intensität seiner Erleuchtung geschwächt ist. Das letzte Glas op muß von mn mehr entfernt oder ihm mehr genähert werden können, damit die durch dasselbe hindurch fahrenden Strahlen weniger oder mehr divergirend gemacht werden können. Wird das Gemälde an seinen Ort ADB gestellt, so malt sich das Bild auf der Wand bda ab, und zwar umgekehrt, wegen der Durchkreuzung der Strahlen in f. Da aber eigentlich von den Puncten des erleuchteten Gemäldes in AB nicht einzelne Lichtstrahlen, sondern Strahlenkegel ausfahren, deren Strahlen durch die Brechung in op wieder zu convergirenden werden, so wird das Bild auf der Wand bda nur bey einer gewissen Entfernung derselben von der Linse op die gehörige Deutlichkeit haben, nemlich nur alsdann, wenn die Vereinigungspuncte der Strahlen einzelner Strahlenkegel genau auf die Wand treffen. Ist dies nicht der Fall, so muß man die Linse op, oder die ganze Geräthschaft, so lange verschieben, bis das Bild die gehörige Deutlichkeit hat. Damit das Bild gerade werde, stellt man das Gemälde in AB verkehrt. Läßt man das Bild in einen aufsteigenden Rauch fallen, so scheint es einen körperlichen Raum einzunehmen, und kann täuschende Erscheinungen hervorbringen.

3) Das Sonnenmikroskop, dessen Erfinder der sel. Lieberkühn ist, ist von der Zauberlaterne dadurch unterschieden, daß die Erleuchtung dabey durch das ungleich stärkere Sonnenlicht erhalten wird. Es werden nemlich die Strahlen der Sonne durch einen Planspiegel auf eine in der Oeffnung des finstern Zimmers stehende Glaslinse senkrecht reflectirt, und durch Brechung zu convergirenden gemacht; ehe sie aber noch in den Brennpunct der Linse zusammenlaufen, treffen sie in dem Rohre, worin man sie gehen läßt, auf einen kleinen durchscheinenden Gegenstand, der in einem Objectenträger gehalten wird, und gewähren ihm so eine sehr starke Erleuchtung. Die davon ausfahrenden Lichtstrahlen gehen dann wieder auf eine kleine mikroscopische Linse, die der erstern Linse etwas näher steht, als die Summe ihrer Brennweiten beträgt, damit die Strahlen als stark divergirende aus ihr herausfahren. Stellt man nun eine weiße Wand gegenüber, so bildet sich das kleine Object darauf ungemein stark vergrößert ab, und zwar um desto mehr, je weiter man die Wand davon entfernt, oder je kleiner die Brennweite der mikroskopischen Linse ist. Eigentlich ist es doch nur der Schatten des Objects, der seine Umrisse bestimmt, obgleich auch die durchscheinenden Stellen desselben Licht durchlassen, und daher auch im Bilde die Farbe zeigen, die sie selbst haben.

Die nähere Beschaffenheit dieser schätzbaren Vorrichtung läßt sich am besten durch die Zerlegung derselben, und durch ihren Gebrauch zeigen.

4 und 5) Das Adamsche Lampenmikroskop ist eine vortheilhafte Abänderung der Zauberlaterne, und das Martinsche Sonnenmikroskop eine andere des Werkzeugs dieses Namens.

§. 571. Hohlgläser (§. 562.), namentlich das Planconcavglas, das concavconcave, und convexconcave, zerstreuen die Strahlen, welche von den erhabenen Gläsern gesammlet werden (§. 564.), und heißen deswegen auch Zerstreuungsgläser. 1) Parallel mit der Achse darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen divergirend, und haben eine Richtung, als wenn sie alle aus einem Puncte kämen, der auf der andern Seite des Glases liegt, und der Zerstreuungspunct (punctum dispersionis) oder der ein-

eingebildete Brennpunct heißt; 2) divergirend darauf fallende Strahlen werden nach dem Brechen noch mehr divergirend; und 3) convergirend auffallende werden entweder weniger convergirend, oder parallel, oder gar divergirend, je nachdem ihre Convergenz größer oder geringer ist.

1) Es falle (Fig. 104.) auf die biconcave Glaslinse ab der Strahl op, so wird er, weil er senkrecht auf den Flächen der Linse steht, ungebrochen nach k hindurchgehen. Mit diesem fallen die Strahlen nd und me parallel. Sie werden auf dem Einfallspuncte der erstern Krümmung der Linse dem Einfallslothe zugelenkt, und beym Austritt aus der andern Krümmung vom Einfallslothe daselbst abgelenkt, und erhalten die Richtung nach t und f. Sie fahren also divergirend aus, so, als wenn sie, ohne die Linse, von F herkämen. Diesen Punct F nennt man daher auch den eingebildeten Brennpunct der parallelen auf die Linse fallenden Strahlen.

2) Es fallen (Fig. 105.) von dem Puncte d die divergirend ausgehenden Strahlen df, de und dg auf die biconvexe Linse ab. Der Strahl de geht ungebrochen durch nach l, da er senkrecht darauf steht; die Strahlen df und dg hingegen werden durch die doppelten Brechungen auf beiden Flächen der Linse in die Richtung nach k und m gebracht, und fahren so aus dem Glase, als ob sie von o herkämen. Da der Winkel kom größer ist, als fgd, so ist die Divergenz der Strahlen vermehrt.

3) Es fallen (Fig. 105.) die convergirenden Strahlen k, l, und m auf die Linse ab; sie werden durch die Brechung nach d zu gehen, und daselbst zusammentreffen. Da nun fdg kleiner ist, als kom, so ist die Convergenz vermindert.

Wenn die convergirenden Strahlen t, k, f (Fig. 104.) nach dem imaginären Brennpuncte F der biconvexen Linse ab zugerichtet sind, so werden sie durch die Brechung zu den parallelen dn, po, em.

Wenn endlich die convergirenden Strahlen t, k, und f (Fig. 106.) nach o, als der doppelten Brennweite der Linse ab, zugerichtet sind, so werden sie nach der Brechung so divergiren, als ob sie von der doppelten Brennweite der Linse auf der andern Seite herrührten.

Am-

Um den Abstand des imaginären Vereinigungspunctes der von einem Gegenstande auf die Hohlgläser fahrenden divergirenden, oder parallelen Strahlen, hinter der Linse oder x zu finden, dient die oben (§. 565. Anm.) hergeleitete Formel ebenfalls, wenn der Abstand des strahlenden Punctes (d), die Halbmesser der Krümmungen der Linse (R, r), und das Brechungsverhältniß (p : q) gegeben ist; nur mit dem Unterschiede, daß der Zähler des Bruchs das Zeichen — erhält; und der Vereinigunspunct also rückwärts hinter der Linse liegt.

Es ist diesemnach im Allgemeinen $x = \frac{-dqRr}{d(p-q)(R+r)-qRr}$. Für parallele Strahlen, wo $d = \infty$, wird $x = \frac{-qRr}{(p-q)(R+r)}$. 1) Ist die Glaslinse biconcav und zwar mit gleichen Halbmessern der Krümmung, so ist für parallele Strahlen $x = \frac{-qr^2}{2r(p-q)}$, und wenn beym Glase $p : q = 3 : 2$ angenommen wird, so ist in diesem Falle $x = -r$ 2) Wenn die Glaslinse planconcav ist, so ist, weil dann $R = \infty$ zu setzen ist, für parallele Strahlen $x = \frac{-qr}{p-q}$, und wenn wir $p : q = 3 : 2$ nehmen, $x = -2r$. 3) Ist das Glas convexconcav, so ist für parallele Strahlen $x = \frac{-qRr}{(p-q)(r-R)}$, und für das angeführte Brechungsverhältniß des Glases ist $x = \frac{-2Rr}{R-r} = \frac{-Rr}{\frac{1}{2}(R-r)}$.

§. 572. Da die Hohlgläser die Strahlen, welche divergirend von einem Gegenstande ausfahren (§. 571.), zerstreuen, und der Punct des Bildes eines Gegenstandes nur da gesehen werden kann, wo zwey unendlich nahe einfallende Strahlen sich durchschneiden (§ 544.), dieses aber in Hohlgläsern nicht geschiehet, so sieht man, daß sie auch kein Bild von den Gegenständen machen können. Da sie aber aus dem Glase in einer solchen Lage auseinander fahren, daß

daß sie rückwärts verlängert hinter dem Glase in einerley Vereinigungspunct zusammenlaufen würden, so nimmt man diesen eingebildeten Vereinigungspunct der Strahlen von einem Objecte, als das Bild des Objects an. Dies Bild ist aber nur ein mathematisches, und kein physisches Bild. Auch jedes erhabene Glas hat die Natur des Hohlglases, wenn der Gegenstand demselben näher liegt, als der Brennpunct (§. 568. n. 7.).

Verschiedene Brechbarkeit des Lichts. Farben.

§. 573. Mit der Brechung des Lichtes in durchsichtigen Mitteln von verschiedener Dichtigkeit ist noch ein anderer merkwürdiger Erfolg verbunden, nemlich die Spaltung und Theilung des weißen Lichtstrahls in mehrere gefärbte. Wenn man diesemnach ein dünnes Bündel weißer Sonnenstrahlen FG (Fig. 107.) durch eine kleine runde Oeffnung von ohngefähr $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser in ein dunkeles verfinstertes Zimmer so fallen läßt, daß es von einem gläsernen horizontal gestellten dreyseitigen Prisma P aufgefangen wird, so wird der Strahl nach dem Durchgange durchs Prisma auf der vertical stehenden Wand in I kein rundes und weißes Bild der Sonne machen, wie er thun müßte, da bey der Brechung in ebenen Flächen parallele Strahlen parallel bleiben; sondern man sieht auf der Wand ein länglichtes Farbenbild (Spectrum) BC, das an den beiden Seiten durch gerade parallele Linien, oben und unten aber durch Cirkelbogen begränzt ist, und aus folgenden über einander liegenden, in einander fließenden, und verschiedentlich gefärbten Streifen besteht; nemlich von unten

ten nach oben zu: roth, orange, hellgelb, grün, hellblau, indigoblau, violett.

§. 574. Ehe wir zur Erklärung dieses an fruchtbaren Folgerungen so überaus reichen Phänomens übergehen, das seit Newton den Namen der verschiedenen Brechbarkeit des Lichts (diversa refrangibilitas staminum lucis) erhalten hat, wollen wir erst noch mehrere Umstände des Phänomens näher betrachten, die zur Erklärung der Theorie des unsterblichen Erfinders und seiner darauf gebaueten Lehre von den Farben abzwecken.

Optice, sive de reflexionibus, refractionibus, inflexionibus, et coloribus lucis libri III., auct. *Is. Newtono*, lat. redd. *Sam. Clarke*. Lond. 1706. 4.

§. 575. Die Breite des auf der Wand in BC (Fig. 107.) hervorgebrachten Farbenbildes ist die des weißen Kreises, der ohne das Prisma von dem Strahle Fg in I würde gebildet werden; die Länge des Bildes übertrifft die Breite etwa fünfmal. Wenn man die Länge des Farbenbildes = 1 setzt, so beträgt die Höhe des rothen farbigten Streifen $\frac{1}{8}$, des orangefarbenen $\frac{3}{40}$, des hellgelben $\frac{2}{15}$, des grünen $\frac{1}{6}$, des hellblauen $\frac{1}{6}$, des indigoblauen $\frac{1}{9}$, des violblauen $\frac{2}{9}$. Theilt man die Peripherie eines Kreises nach Verhältniß dieser Räume ein, so kommen für das Rothe 45, für das Orangegelbe 27, für das Hellgelbe 48, für das Grüne 60, für das Hellblaue 60, für das Indigoblaue 40, und für das Violblaue 80 Grade dieser Peripherie.

§. 576. Wenn man die durch das erstere Prisma P hindurch gehenden gefärbten Strahlen (Fig. 108.) etwa in der Entfernung von einem Fuß durch ein

zwey=

zweytes dreyseitiges Prisma AB, dessen Achse vertical gestellt ist, gehen läßt, so erscheint das Farbenbild auf der Wand mit denselben Dimensionen und in seiner Farbenreihe dem erstern ähnlich, aber in einer geneigten Stellung MN.

§. 577. Wenn man in dem Versuche (Fig. 107.) durchsichtige Gläser, die gleichförmig roth, oder grün, oder blau gefärbt, und auf beiden Flächen eben sind, hinter das Prisma in der Entfernung von einem Fuß in die aus demselben fahrenden gefärbten Strahlen hält, so läßt jedes Glas nur diejenigen gefärbten Strahlen durch, die es im gebrochenen Lichte zeigt, und die durchgehenden Strahlen bilden auf der Wand einen einzigen, gleichförmig gefärbten Kreis, dessen Durchmesser die Breite des Farbenbildes hat.

§. 578. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen, die aus dem ersten Prisma SVT (Fig. 109) herauskommen, in einer hinlänglichen Entfernung durch eine kleine Oeffnung X eines vertical gestellten Brettes PQ gehen, und, um die darüber oder darunter befindlichen anders gefärbten Strahlen desto besser abzusondern, sie noch einmal durch die eben so große Oeffnung eines andern Bretts pq treten, das mit dem erstern parallel und etwa 10 bis 12 Fuß davon gestellt ist. Die durchgehenden Strahlen fange man mit einem zweyten Prisma stv auf, so wird der einfach gefärbte Strahl auf der Wand Yy nach diesem zweyten Brechen in der Farbe ungeändert erscheinen, und ein kreisrundes Bild auf der Wand machen. Durch sanfte Umdrehung des erstern Prisma's SVT kann man nach und nach alle einfach gefärbten Strah-

Strahlen des siebenfachen Farbenbildes durch das Loch in X bringen. Wenn sie nun so alle einzeln nach und nach unter einerley Einfallswinkel auf das zweyte Prisma stv gebracht worden sind, so wird man wahrnehmen, daß der rothe Strahl auf der Wand Yy am niedrigsten nach Z zu, der orangefarbene etwas höher, der gelbe noch etwas höher, und so immer fort, nach der Reihe der Farben im Farbenbilde von unten auf zu liegen kommen. Der rothe Strahl wird also weniger gebrochen, als der grüne, dieser weniger als der blaue, und der violette am stärksten. **Die verschiedentlichen Strahlen des siebenfachen farbigten Lichts in dem Farbenbilde des Prisma haben also ein verschiedenes Brechungsverhältniß in einerley brechenden Mitteln.**

Wenn wir den gemeinschaftlichen Einfallssinus bey den verschiedentlich gefärbten Strahlen des Farbenbildes = 1 setzen, so ist der Brechungssinus, wenn das Licht aus einem und demselben Glase in die Luft tritt, in dem Lichte des Farbenbildes:

für die rothen Strahlen von der untersten Gränze des Farbenbildes bis zur Gränze des Orangegelben = 1,54 bis 1,5425;

für die orangefarbenen bis zur Gränze des Hellgelben = 1,5425 bis 1,544;

für die hellgelben bis zur Gränze des Grün = 1,544 bis 1,54667;

für die grünen bis zur Gränze des Hellblauen = 1,54667 bis 1,55;

für die hellblauen bis zur Gränze des Indigoblau = 1,55 bis 1,55333;

für die indigoblauen bis zur Gränze des Violetten = 1,55333 bis 1,55555;

für die violetten bis zur obersten Gränze des Farbenbildes = 1,55555 bis 1,56.

Die größte Brechbarkeit des violblauen und die kleinste des rothen Strahls ist also gegen einander wie 1,56 : 1,54 = 78 : 77.

§. 579.

§. 579. Man lasse auf ein rechtwinkligtes Prisma IKL (Fig. 110.) im finstern Zimmer ein Bündel Sonnenstrahlen so fallen, daß es auf die Fläche IK des Prisma fast perpendiculär zu stehen kömmt, so wird es durch diese Fläche ungebrochen durchgehen, aber beym Austritt aus dieser Fläche IL in M gebrochen werden, und ein Farbenbild QRS auf der verticalen Wand NN machen. Man drehe nun das Prisma IKL von I nach K allmählich um seine Achse, während man noch ein anderes Prisma in VTX gestellt hat, dessen zwey breitere Flächen einen Winkel von etwa 55 Grad mit einander machen. So wie jetzt durch die Umdrehung des Prisma IKL der Strahl gegen die Fläche IL unter einem Winkel von 50 Gr. zu fallen anfängt, so wird, wie schon oben (§. 559. Anm.) bemerkt worden ist, ein Theil des Lichts durch M nicht mehr hindurchgehen, sondern die Brechung wird sich in Zurückstrahlung verwandeln, und es wird endlich alles Licht reflectirt werden, so wie der Winkel kleiner wird. Bey dieser allmählichen Abnahme des Winkels durch die Umdrehung des Prisma fängt nun ein Theil Licht an, nach O zu reflectirt zu werden; wird es nun hier von einem andern Prisma gebrochen, so bildet sich auf der Wand PQ ein Farbenbild, und zwar zuerst ein violblaues in q, hernach auch noch das andere Blau daneben, dann ein grünes in r, u. s. w. fort, bis zuletzt auch das Roth in f dazu kömmt, so wie man fortfährt, das Prisma IKL allmählich von I nach K umzudrehen. So wie aber die blau gefärbten Strahlen in q zum Vorschein kommen, so fangen sie an, dem ersten Bilde in Q zu mangeln; und die Farbe, die in Q zuerst verschwindet, erscheint zuerst

in q, u. s. f. Ein Beweis, daß unter den angeführten Umständen die blauen Strahlen eher reflectirt werden, als die grünen, diese eher als die rothen, oder daß die brechbarsten Strahlen auch am leichtesten in M reflectirt werden.

§. 580. Man lasse einen Strahlencylinder durch eine runde Oeffnung in das finstere Zimmer in horizontaler Richtung treten; man lasse ihn in der Entfernung von 10 bis 12 Fuß von der Oeffnung auf eine vertical stehende erhabene Glaslinse LL (Fig. 111.), deren Brennweite 4 bis 5 Fuß beträgt, fallen, und die durchgehenden Strahlen nun durch das nahe dahinter gestellte Prisma CD brechen. Wenn man nun das Farbenbild ef in der Brennweite der Linse auffängt, so sieht man es länglicht und schmal, und die Farben viel deutlicher, als ohne die Linse LL geschehen würde. Der Strahlencylinder würde ohne die Linse und ohne das Prisma auf der Wand den weiß leuchtenden Kreis abcd bilden; durch die Linse allein, ohne das Prisma, würden die Strahlen zu convergirenden werden, und also einen kleinen Kreis machen, dessen Centrum mit dem des vorigen einerley bliebe. Durch das Prisma wird der convergirende Strahlenkegel des weißen Lichts in so viele kleinere gespalten, als verschiedene Arten des Lichts von verschiedener Brechbarkeit, (das sind eigentlich unzählige,) in dem weißen Licht enthalten sind; und es zeigen sich auf der Wand die Durchschnitte dieser einzelnen Kegel des verschiedentlich gefärbten Lichts, worin folglich nun jede Art der Farbe in einen kleinern Kreis verengert ist. Weil ferner die Mittelpuncte dieser kleinen Kreise verhältnißmäßig eben so weit von einander abstehen, als die der größern in einander fließenden des Farben-

bil-

bildes EF, das ohne die Linse LL erhalten werden kann, so erscheint die Farbe lebhafter und reiner, als die Farbe der einzelnen Streifen im gewöhnlichen Farbenbilde EF. Indessen muß man nicht erwarten, daß in diesem Falle die Kreise wirklich von einander getrennt und abgesondert gesehen werden.

§. 581. Wenn man im finstern Zimmer die aus dem Prisma fahrenden gefärbten Strahlen alle durch eine convexe Linse auffängt, so hat man im Brennpuncte derselben wieder das weiße, helle und runde Bild der Sonne, das man mit einem weißen Papier auffangen kann. Hält man dies näher nach der Linse zu, so erscheint das vorige gefärbte Bild wieder, nur mehr verengert, und in der vorigen Ordnung der Farben. Fängt man aber die Strahlen in einer größern Entfernung, als die Brennweite beträgt, dadurch auf, so ist auch das gefärbte Bild wieder da; aber die Farben liegen in umgekehrter Ordnung, wegen der Durchkreuzung der Strahlen im Brennpuncte, und das Bild ist desto größer, je weiter man das Papier entfernt.

§. 582. Wenn man einzelne Bündel der sieben gefärbten Lichtstrahlen nach §. 578. durch eine convexe Linse auffängt, so ist das Bild davon im Brennpunct der Linse cirkelrund, und hat dieselbe Farbe, als das darauf fallende gefärbte Licht. Die Brennweite der rothen Strahlen ist aber länger, als die der übrigen; die der blauen Strahlen am kürzesten, nach Verhältniß ihrer verschiedenen Brechbarkeit. (§. 578. Anm.).

§. 583. Wenn man den durch eine runde Oeffnung in ein finsteres Zimmer fallenden Strahlency-

lin-

linder in horizontaler Richtung mit einem gläsernen Kegel auffängt, dergestalt daß die Spitze des Kegels den Strahlen zugekehrt ist, so zeigt sich auf der dahinter stehenden verticalen Wand ein schöner Kreis von den sieben Farben des Prisma, dessen Durchmesser immer größer wird, je weiter man die Wand vom Kegel entfernt, so wie dann auch die Breite der farbigten Flächen zunimmt. Die rothe Farbe liegt nach Innen, die violette nach Außen. Hält man die Grundfläche des Kegels gegen den einfallenden Strahl, so zeigt sich diese Erscheinung nicht.

Es sey (Fig. 112.) ABC ein gläserner Kegel im Durchschnitt, auf welchen der Strahlencylinder DdEe fällt. Der Strahl SA, der auf des Kegels Spitze A trifft, geht ungebrochen durch nach ſ, da er des Kegels Achse ist. Die Strahlen, die oberhalb SA liegen, werden nach unten zu, und die unterhalb SA kommen, nach oben zu durch den Kegel gebrochen. Es wird nemlich der Strahl Dd erst in d dem Einfallslothe ih zugelenkt, und beym Ausgang auf der Grundfläche BC vom Einfallslothe mn abgelenkt. Da nun die violetten Strahlen stärker brechbar sind, als die rothen, so wird auch diesemnach das violette Licht mehr als das rothe nach unten zu unter die Achse des Kegels abgelenkt werden. Der Strahl Ee, der unterhalb der Achse SA des Kegels auffällt, wird in e erst dem Einfallslothe fg zugelenkt, und beym Ausgange aus des Kegels Grundfläche BC vom Einfallslothe kl abgelenkt, und weil die violetten Strahlen brauchbarer sind, als die rothen, so kommen die erstern weiter von der Achse des Kegels Aſ hinaufwärts, als die letztern. — So liegen also in dem ganzen bunten Kreise, der sich bildet, die violetten nach außen, die rothen nach innen, und die andern verhältnißmäßig dazwischen.

Wenn hingegen (Fig. 113.) der Strahlencylinder DSE gegen des Kegels Grundfläche BC fällt, so entsteht kein farbigter Kreis. Der mittlere Strahl S geht ungebrochen durch die Spitze des Kegels, da er dessen Achse ist. Der Strahl D steht auch auf der Grundfläche BC senkrecht; er geht also ungebrochen ins Glas; da er aber auf der Fläche BA so schief steht, daß beym Ausgang aus dieser Fläche in f in die Luft der Brechungssinus größer werden würde, als der Sinus to-

tus,

len, so verwandelt sich die Brechung in Zurückstrahlung (§. 559. Anm.); er geht also nach der Fläche CA zu, wo er ungebrochen durchgehen muß, da er senkrecht oder nahe senkrecht darauf ist. So ist es mit allen über und unter der Achse SA auf die Fläche BC senkrecht fallenden Strahlen.

§. 584. Aus der verschiedenen Brechbarkeit der einfachen Lichtstrahlen (§. 575. 578. 582.) folgt auch, daß in den verschiedentlichen Linsen die einfachen Strahlen des weißen Lichtes, die von einerley Puncte kommen, nach den Brechungen nicht in einerley Vereinigungspuncte zusammenlaufen, sondern daß es vielmehr für jedes einfache Licht einen eigenen Vereinigungspunct gebe; daß sie folglich auch so viele Bilder machen, als einfache Arten des Lichtes in dem weißen enthalten sind. Es decken sich zwar diese verschiedene Bilder größtentheils, doch nicht vollkommen, und daher sieht man den violetten und blauen Rand um die Bilder, die durch erhabene Linsen in dioptrischen Werkzeugen gebildet werden. Es folgt hieraus eine andere Art von Unvollkommenheit (§. 564.) der dioptrischen Werkzeuge, welche man die Abweichung der Strahlen wegen der Farben (aberratio ob diversam refrangibilitatem) nennt.

§. 585. Die Absonderung der gefärbten Strahlen aus weißem Licht geschiehet nicht allein durch Glas, sondern durch jeden durchsichtigen Körper, dessen Flächen brechende Winkel bilden. Nicht allein das Sonnenlicht, sondern jedes andere Licht brennender Körper erleidet im Prisma die erwähnte Brechbarkeit und Absonderung in einfache Farben.

§. 586. Aus diesen bisher vorgetragener Erfahrungssätzen (§§. 573—585.) folgt nun nach Newton,

gen, daß das weiße Licht aus verschiedenen Gattungen des einfachen Lichts vermischt bestehe, die eine verschiedene Brechbarkeit (refrangibilitas) besitzen, deren Verhältniß im §. 578. angegeben worden ist; und die eben aus dieser Ursach, wenn sie in der Vermischung, als weißes Licht, gleichen Einfallswinkel in der brechenden Fläche hatten, nicht gleichen Brechungswinkel haben können, folglich nun von einander abgesondert werden müssen, und die ihnen eigenthümliche Farbe zeigen. Von dieser Verschiedenheit der Brechbarkeit der verschiedenen Gattungen des farbigten Lichts, die zusammen das Weiße ausmachen, rührt es nun her, daß das Farbenbild (§. 575.) länglich wird. Denn, wenn man gleich gewöhnlich nur die erwähnten sieben Gattungen des farbigten Lichts annimmt, so giebt es doch eigentlich in jeder Art unzählige Verschiedenheiten der Brechbarkeit, die zwischen der größesten und kleinsten Brechbarkeit inne liegen. Wenn wir also erst auf diejenigen der sieben Gattungen des farbigten Lichts Rücksicht nehmen, die die größeste Brechbarkeit besitzen, nemlich die äußersten violetten, so würden sie in der angeführten Erfahrung für sich allein ein kreisrundes Bild der Sonne auf der weißen Wand machen müssen, wenn das Prisma die gehörige Stellung hat. Kommen nun hiezu noch die zunächst darauf folgenden minder brechbaren violetten, so würden auch diese einen violetten Kreis bilden, der das Bild der Sonne ist, dessen Mittelpunct aber mit dem des vorigen nahe zusammenfällt. So geht es nun fort, durch alle unzählige Gattungen des violetten Lichts bis zu den am mehrsten brechbaren Gattungen der indigoblauen Strahlen, und so weiter bis herab zu

den

den am wenigsten brechbaren rothen. Es entstehen also lauter in einander fließende Kreise der unzähligen verschiedenen Arten des farbigten Lichts, wovon wir freylich nur sieben verschiedene Gattungen des Lichts, nach der Beschränktheit unserer subjectiven Einrichtung unterscheiden können, bey dem wir aber doch wahrnehmen, daß keine scharfe Gränzlinie diese sieben verschiedene Gattungen von einander absondert. So wird es nun einleuchtend, warum das Farbenbild zur Seite durch parallele gerade Linien oben und unten aber durch Zirkelbogen begränzt ist. Die länglichte Gestalt des Farbenbildes ist also bloß Folge der verschiedenen Brechbarkeit, und die Erfahrung im §. 576. bestätigt es vollkommen. Denn wenn sie nur von der bloßen Distraction des Lichts herrührte, so müßte die zweyte Brechung (Fig. 108.) es nachher auch in der Breite ausdehnen, und dann müßte das neue Farbenbild die Figur des Quadrats Mm Nn haben, was nicht ist. Die Erfahrungen des §. 577 — 580. 582. und 583. setzen es endlich außer allen Zweifel, daß in dem weißen Lichte verschiedene Gattungen farbigten Lichts enthalten sind, die eine verschiedene Brechbarkeit besitzen; und der Versuch im §. 578. beweist nun noch insbesondere, daß die verschiedenen einzelnen Gattungen des farbigten Lichts die ihm zukommende Brechbarkeit eigenthümlich haben, und daß ihre Farbe unveränderlich und von ihnen unzertrennlich ist. Die Entdeckungen dieser Thatsachen durch die angeführten analytischen Untersuchungen bestätigte Newton durch synthetische Versuche, dergleichen der §. 581. enthält; und verschaffte so seiner unsterblichen Theorie denjenigen Grad von Evidenz, der bey

Gegenständen der Erfahrung nur zu erreichen möglich ist.

Newtons oben (§. 574.) angeführtes Werk; imgl. desselben *Lectiones opticae*, in seinen *Opuscul. mathematic., philosoph., et philolog. T. II. Lausannae et Genev.* 1746. 4. S. 73. ff.

§. 587. Ohgeachtet also zwar eigentlich unzählige Gattungen des verschiedentlich brechbaren gefärbten Lichts in dem weißen Lichte enthalten sind, so können wir doch, weil wir sieben Gattungen daran unterscheiden, nemlich **Roth**, **Orangegelb**, **Hellgelb**, **Grün**, **Hellblau**, **Indigoblau** und **Violett**, diese mit Recht als sieben verschiedene Gattungen des einfachen Lichts ansehen, wobey wir aber in jeder Gattung allmähliche Abstufungen von den am mehresten, bis zu den am wenigsten brechbaren dieser Gattung annehmen müssen.

§. 588. Da die einzelnen Strahlen dieser sieben Gattungen des Lichts durch wiederholte Brechungen, oder Zurückstrahlungen (§. 578.) nicht in der Farbe geändert, und in Licht von andern Farben zerstreuet oder zertheilt werden, so müssen wir sie für **einfach** anerkennen. Solches Licht, dessen Farbe durchs Brechen nicht weiter veränderlich ist, heißt **homogenes Licht**, und solches, das durchs Brechen verschiedentlich gefärbte Strahlen zeigt, **heterogenes Licht**. Dieses heterogene Licht kann dem homogenen Lichte in der Farbe ähnlich seyn, aber die damit veranstaltete Brechung durch ein Prisma zeigt die Zusammensetzung im erstern, und die Einfachheit im letztern bald. Solche Täuschungen haben mehrere vergebliche Widersprüche gegen Newtons Theorie veranlaßt. Die Versuche, welche Hr. **Wünsch**

neu=

neulich mitgetheilt hat, verdienen indessen die Aufmerksamkeit der Physiker und die genaue Wiederholung um so mehr, da sie Newtons Farbenlehre nur einfacher machen, nicht aber seiner Theorie von der verschiedenen Brechbarkeit deß Lichts widersprechen. Nach Hrn. Wünsch sind nemlich nur drey Gattungen des farbigten Lichts im Farbenbilde einfach, nemlich Roth, Grün und Violett, hingegen das Orangegelbe, Gelbe, Hellblaue und Indigoblaue zusammengesetzt: das Orangengelbe aus dem lebhaftesten rothen und dem schwachen grünen Licht, das Gelbe aus dem lebhaftesten rothen und dem lebhaftesten grünen, das Hellblaue aus dem gesättigten grünen und dem gesätigten violetten, und das Indigoblaue aus dem schwachen grünen und dem gesättigten violetten Lichte.

Versuche und Beobachtungen über die Farben des Lichts, angestellt und beschrieben von Christ. Ernst Wünsch. Leipz. 1792. 8.

Man hat insbesondere gezweifelt, ob die grüne Farbe des Farbenbildes von homogenem Lichte herrühre, oder einfach sey, da man auch durch Vermischung des blauen und gelben Lichts ein grünes Farbenbild erhalten könne. Es fallen z. B. (Fig. 114.) in einem finstern Zimmer auf die beiden über einander stehenden Prismen G und g zwey verschiedene Strahlencylinder des weißen Lichts S und s, und zwar sey bey dem einen Prisma G der brechende Winkel oben, bey dem andern g unten. In den aus dem Prisma G fahrenden abgesonderten farbigten Strahlen liegt aus leicht zu erachtenden Ursachen der rothe Strahl oben, der violette unten; im untern Prisma g ist es umgekehrt. Man lasse einzelne gefärbte Strahlen dieser beiden Prismen durch die beiden Oeffnungen C und D von etwa ½ Zoll Durchmesser in dem verticalen Brett AB, das in hinlänglicher Entfernung von den Prismen gestellt wird, gehen, und bey ihrer Vereinigung auf die bewegliche Wand EC in F auffallen. Durch sanfte Umdrehung der Prismen um ihre Achse kann man so nach und nach alle Arten des homogenen Lichts mit einander zusammenfallen lassen. Man wird wahrnehmen, daß aus dem gelben

Licht des einen, und dem blauen des andern Prisma ein grünes Farbenbild hervorgebracht wird. Allein wenn man dieses heterogene Grün mit einem andern Prisma betrachtet, so findet man es in seinen Grundfarben wieder aufgelöst, welches bey dem homogenen Farbenbilde dieser Art nicht geschiehet.

So behaupteten auch Mariotte und Bizetti, durch ähnliche Täuschungen verleitet, daß das homogene grüne Licht des Prisma durch wiederholtes Brechen geändert werde. Es sind nemlich bey der Anstellung dieser Versuche genaue Vorsichtsregeln nöthig, deren Vernachläßigung leicht eine Quelle zu Fehlschlüssen und Irrthümern werden kann. Wenn nemlich das Zimmer nicht durchaus verfinstert ist, und von irgendwo her zusammengesetztes Licht mit durchs Prisma gehen kann, so kann es freylich geschehen, daß das Farbenbild des einfachen Lichts noch anders gefärbte Ränder hat.

§. 589. Die Ursache der Verschiedenheit der Brechbarkeit der unterschiedenen Gattungen des einfachen Lichtes liegt nun wol ohne Zweifel in der verschiedenen Geschwindigkeit derselben, welche aus der ungleichen Anziehung des brechenden Körpers gegen diese Gattungen des einfachen Lichts entspringt, und läßt sich aus dem, was oben (§. 559. Anm.) von der Ursach der Brechbarkeit überhaupt angeführt ist, erklären. Die Ursach aber, warum diese oder jene Gattung des Lichts im Auge diejenige Empfindung bewirke, mit der die Vorstellung dieser oder jener Lichtfarbe verknüpft ist, macht keinen Gegenstand unserer Erfahrungskenntniß aus, und also läßt sich auch davon nichts weiter sagen.

§. 590. Wir können nun aus dem bisher Vorgetragenen Anwendungen zur Erklärung der **Farben** (colores) machen, welche die Körper zeigen. Wenn das Sonnenlicht nur aus einerley Gattungen des homogenen Lichtes bestünde, so würde nur einerley Farbe in der Welt seyn. Die

Ver-

Verschiedenheit der Farben, welche die leuchtenden oder erleuchteten Körper zeigen, rührt folglich daher, daß sie Strahlen einer gewissen Art ausströmen oder zurückwerfen, deren jede in unsern Augen besondere Empfindungen hervorbringen, mit welchen die Vorstellung der verschiedenen Farben verknüpft ist.

§. 591. Die weiße Farbe entsteht also, wenn ein Körper die weißen Lichtstrahlen unzersetzt in unser Auge schickt, und sie ist also eine Vermischung aller Grundfarben im gehörigen Verhältniß; ein Körper erscheint roth, orange, grün, u. s. w., wenn er nur rothes, orangefarbenes, grünes Licht auf unser Auge sendet. Schwarz ist die Abwesenheit alles Lichts, und aller Farben, und das absolute Schwarz entsteht, wenn ein Körper gar kein Licht in unser Auge sendet.

Versuch: Eine Scheibe, die nach dem oben (§. 575.) angeführten Verhältniß der Größe der einfachen Farbenbilder des Prisma in sieben Sectoren getheilt ist, die mit den in der Farbe correspondirenden Pigmenten bemahlt worden sind, erscheint bey einem schnellen Umlauf weiß.

Ein anderes Verhältniß der Farben gegen einander giebt beym schnellen Umdrehen der Scheibe eigene Farben.

§. 592. Körper von allerley Farben, durch gefärbte durchsichtige Gläser allerley Art betrachtet, erscheinen dem Auge nur von derjenigen Farbe, welche das Licht hat, das das Glas durchläßt, oder welche das Glas im gebrochenen Lichte zeigt. Die Fehlschlüsse, zu welchen sich gegen diesen Satz Hr. Monge durch optische Täuschungen verleiten ließ, hat Hr. Le Gentil gut gezeigt.

Monge über einige Phänomene des Sehens, in Grens Journ. der Phys. B. II. S. 142.; über die Farbe, wel-

welche roth und gelb gefärbte Gegenstände zeigen, wenn man sie durch rothe oder gelbe Gläser betrachtet, von Hrn. Le Gentil, in Grens Journ. der Phys. B. VI. S. 165.

§. 593. Erleuchtete Körper durchs Prisma betrachtet, zeigen an ihren Rändern, wo Helligkeit und Dunkelheit, Licht und Schatten, mehrere oder schwächere Erleuchtung, an einander gränzen, farbigte Räume. Hr. von Göthe hat die mannigfaltigen Abwechselungen der Phänomene, die hierbey stattfinden, gesammlet, und beschrieben; hier genügt es, nur einige der hauptsächlichsten Erscheinungen dieser Art anzuführen, da sich die übrigen alle darauf beziehen.

1) Weiße, einfärbige, und schwarze Flächen, wenn sie durchaus gleichförmig und einfärbig sind, zeigen durchs Prisma keine Farben; aber diese zeigen sich an allen Rändern.

2) Ein weißer Streifen auf schwarzem Grunde erscheint, wenn der brechende Winkel des Prisma, nach unten zugekehrt, und der Streifen der Länge nach vor dem Auge ist, oben mit einem rothen und gelben, und unten mit einem hellblauen und violetten Saume; die beiden letzteren strahlen ins Schwarz hinein.

3) Wenn der weiße Streifen nicht zu breit ist, und der Queere nach vor dem Prisma, oder parallel mit der Achse desselben steht, so erscheint er mit einem rothen, gelben, hellblauen und violetten Streifen ganz bedeckt, und wenn er weit genug vom Prisma entfernt ist, so ist auch noch ein grüner Streifen in der Mitte zwischen dem gelben und hell-

blauen,

blauen, oder der gelbe Streifen wird ganz zu einem grünen.

4) Wenn ein schwarzer Streifen auf einem weißen Grunde durch ein Prisma so betrachtet wird, daß der brechende Winkel des Prisma nach unten zu gerichtet ist, so zeigen sich die vorigen Erscheinungen umgekehrt. Es ist nemlich der schwarze Streifen oben mit einem hellblauen und violetten, und unten mit einem gelben und rothen Saume umgeben. Die letztern strahlen in die weiße Gränze hinein.

5) Wird dieser schwarze Streifen auf weißem Grunde parallel mit der Achse des Prisma gelegt, so erscheint er, durchs Prisma betrachtet, mit farbigen Streifen ganz bedeckt, nemlich mit einem hellblauen, violetten, rothen, und gelben. Ist er hinlänglich weit vom Prisma entfernt, so wird die hochrothe Farbe pfirsichblüthroth.

6) Wenn der brechende Winkel des Prisma, durch den man sieht, nach oben zu gerichtet ist, so werden sich alle vorgenannte Phänomene (1 — 5) umgekehrt zeigen, so daß z. B. im erstern Fall der weiße Streifen auf schwarzem Grunde oben mit einem violetten und hellblauen, und unten mit einem gelben und rothen Saum umgeben ist, u. s. w.

Die Erklärung dieser und ähnlicher Phänomene folgt aus den bisherigen Sätzen der Newtonischen Theorie des Lichts und der Farben leicht, wie ich anderswo gezeigt habe.

J. W. von Göthe Beyträge zur Optik. Weimar. kl. 8. Erstes Stück 1791. Zweytes St. 1792.

In Ansehung der umständlichen Erklärung dieser Phänomene, die an sich leicht ist, wobey man aber viel Worte machen muß, wenn man sie Anfängern deutlich genug vortragen will, verweise ich auf einen Aufsatz von mir: Einige Bemerkungen über Hrn.

von Göthens Beyträge zur Optik; im Journal der Phys. B. VII. S. 3. ff.

§. 594. Sonst beweisen diese Erfahrungen über die farbigten Ränder, mit denen die Körper umgeben erscheinen, wenn man sie durchs Prisma betrachtet, daß nicht nur das Licht leuchtender Körper, sondern auch das, durch welches uns die erleuchteten sichtbar sind, aus verschiedenen Arten des homogenen Lichtes zusammengesetzt sey, und daß auch diejenigen Körper, die dem bloßen Auge von einer bestimmten Farbe erscheinen, doch noch außer dem Lichte von dieser bestimmten Farbe mehr oder weniger weißes Licht zugleich ausströmen.

§. 595. Die unzählige Verschiedenheit der Farben, die wir an den mannigfaltigen Körpern der Natur wahrnehmen, rührt daher, daß dieselben nicht bloß eine Art von einfachem Licht, sondern mehrere Arten, die in unzähligen Verhältnissen mit einander verbunden seyn können, in das Auge schickt. So entstehen alsdann die vermischten, oder zusammengesetzten Farben, und vielleicht ist kein Körper in der Natur, der nur homogenes Licht einer einzigen Art zurückstrahlte.

§. 596. Um zu erklären, wie es zugeht, daß ein Körper eine gewisse Farbe zeigt, müssen wir freylich annehmen, daß die verschiedentlichen Materien in der Natur eine Kraft haben, gewisse Gattungen des homogenen Lichts mehr zu binden, zu fixiren, und ihre Expansivkraft unthätig zu machen, als andere Gattungen, wodurch dann diese letztern] nur allein wieder zurückzustrahlen vermögend sind, und durch die mannigfaltigen Verhältnisse, in denen sie vermischt

seyn

seyn können, die Mannigfaltigkeit der Farben und ihre Nuancen hervorbringen. So würde also z. B. ein Körper grün aussehen, wenn er entweder nur das grüne Licht, das im Weißen enthalten ist, zurückstrahlte, alle andere Gattungen aber, woraus das letztere besteht, einsaugte und figirte; oder auch, wenn er gelbes und violettes Licht zugleich reflectirte, die übrigen Gattungen des homogenen Lichts hingegen bände. Schwarz wäre der Körper, der alle Gattungen des Lichts einsaugte; weiß, der alle Gattungen des weißen Lichts reflectirte.

Daraus, daß wir nicht wissen, wo alles das andere Licht bleibe, das die Körper figiren und einsaugen, läßt sich kein gegründeter Einwurf gegen die Farbentheorie hernehmen. Auch berechnet man dabey die Masse des Lichts zu groß. Wir wissen übrigens, daß das gebundene Licht den Brennstoff constituiren hilft, und daß es auch einen Bestandtheil der electrischen Materie ausmacht, die in allen Körpern zugegen ist.

§. 597. Wenn ein Körper durch die Theilchen auf seiner Oberfläche das von ihm zurückstrahlende heterogene Licht zu gleicher Zeit auch bricht, so erscheint er in verschiedenen Stellungen gegen das Auge von verschiedenen Farben.

Hieher gehört der Schillertaffent, die schillernden Papillions, die Federn am Halse der Tauben, die Pfauen- und Papagenenfedern. Alle Körper zeigen überhaupt, wenn man ihre Fläche im Sonnenscheine genau betrachtet, bunte Farben, selbst die polirten Metalle nicht ausgenommen.

§. 598. Wenn ein durchsichtiger Körper andere Strahlen reflectirt, als er durchläßt, so erscheint er auch beym reflectirten Lichte anders, als beym gebrochenen.

Die Tinctur des Griesholzes (Tinctura ligni nephritici) sieht hinter dem Lichte blaugelb, vor dem Lichte gelbroth

roth aus. — Die Luft der Atmosphäre läßt zwar das mehreste weiße Licht hindurch, reflectirt aber doch auch zugleich blaues Licht, und sieht eben deswegen in diesem reflectirten Lichte blau aus.

§. 599. Wenn mit der Veränderung der Mischung eines Körpers auch die Anziehung seiner Theilchen gegen gewisse Gattungen des Lichts geändert wird, so muß auch wol seine Farbe geändert werden. Man sieht indessen leicht, daß dies nicht Erklärung des Phänomens ist, die hier auch nicht zu geben ist.

Hierauf gründen sich unzählige Farbenveränderungen, welche die Chemie hervorbringen kan: z. B.

Die klare und ungefärbte Auflösung des Eisenvitriols im Wasser, wird durch wenig Galläpfeltinctur violett, durch mehrere davon schwarz. Die Farbe verschwindet durch zugesetzte Säure.

Eben diese Auflösung wird durch Blutlauge sogleich schön blau.

Die Auflösung des Kupfervitriols im Wasser wird durch flüchtiges Laugensalz sogleich schön blau, durch feuerbeständiges grün.

Blaue Lackmustinctur wird durch Säure sogleich rubinroth; durch Laugensalze wieder blau. Viollensyrup, durch die erstere carmoisin, durch letztere grün.

Die klare und ungefärbte Auflösung der Goldsolution im Wasser wird durch ungefärbte Zinnsolution schön purpur.

Die ungefärbte Auflösung des ätzenden Quecksilbersublimats wird durch Weinsteinsalz orangefarben, durch flüchtiges Laugensalz weiß.

Rauchender Salpetergeist von einer dunkelgelben Farbe wird durch Wasser erst grün, dann blau, dann ungefärbt.

Rothe Fernambuctinctur wird durch Laugensalze sogleich violett, durch Säure hochroth.

Gelbe Curcumatinctur wird durch Laugensalze sogleich braun.

Ferner gehören hieher die verschiedenen sympathetischen Tinten, die schon oben bey den Metallen einzeln erwähnt sind; das mineralische Chamäleon (§. 425. Anm.), u. d. gl.

§. 600.

§. 600. Die Durchsichtigkeit der Körper hängt von der Lage ihrer kleinsten Theilchen und Zwischenräume ab. Ein Körper ist durchsichtig, wenn seine kleinsten Theilchen die Lichtstrahlen nicht sehr verschieden brechen, widrigenfalls entsteht die Undurchsichtigkeit.

Wasser in Schaum verwandelt, wird undurchsichtig.
Geschmolzen Wachs und Talg werden durchsichtig.
Viele Glastafeln über einander gelegt, sind wenig durchsichtig, werden aber durch dazwischen gegossenes Wasser durchsichtig.
Klares Glas wird durchs Zerstoßen zu einem Pulver undurchsichtig.
Papier mit Oehl getränkt wird durchsichtiger.
Undurchsichtige metallische Kalke und Erden werden durchs Schmelzen durchsichtiger.
Der Hydrophan und Pyrophan.

Beugung des Lichts.

§. 601. Außer der Reflexion, Refraction und verschiedenen Brechbarkeit des Lichts hat man noch eine andere Eigenschaft desselben wahrgenommen, die man die **Beugung** (inflexio, diffractio lucis) nennt. **Grimaldi** hat zuerst davon geredet, **Newton** aber hat das Phänomen näher bestimmt, doch aber auch die Untersuchung darüber nicht vollendet. Als er einem dünnen Sonnenstrahle, der im finstern Zimmer durch die feine Oeffnung ging, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{42}$ eines Zolles betrug, einen dünnen opaken Körper, z. B. ein Haar, oder feines Drath entgegen hielt, so fand er den auf einem weißen Papier davon geworfenen Schatten breiter, als er bey dem geraden Fortgange des Lichts hätte seyn können, und zu gleicher Zeit an jeder Seite des Schattens drey gefärbte parallele Säume, wovon der, welcher den Schatten

ten zunächst begränzte, breiter war, als der zweyte und von diesem wieder durch einen Schatten getrennt wurde; bey der gehörigen Entfernung des Papiers war der zweyte Saum von einem dritten durch einen dazwischen liegenden Schatten zu unterscheiden; bey zu großer Nähe des Papiers flossen die beiden äußersten Säume auf jeder Seite in einander. Noch deutlicher wurden diese Säume, wenn er den Lichtstrahl zwischen zweyen, nur $\frac{1}{400}$ eines Zolles von einander abstehenden, Messerschneiden durchgehen ließ. Das Licht, das in gerader Linie hätte durchgehen sollen, ward zu beiden Seiten abgelenkt, und in zwey Theile getheilt, und ließ zwischen sich einen Schatten, der desto breiter war, je näher er die Schneiden zusammenrückte. Er bemerkte dabey auch auf jeder Seite des Schattens in der Mitte drey farbige Säume, die wieder durch Zwischenschatten von einander getrennt waren. Der Rand des erstern Saums an der Gränze des Schattens war violett, dann bemerkte man eine hellblaue, eine grüne, eine gelbe und eine rothe Farbe, die diesen ersten Saum auf der andern Seite begränzte. Am zweyten, von dem erstern durch einen schmalen und dünnen Schatten getrennten, Saume, war der innere Rand blau, die Mitte gelb, der äußere Rand roth; und so war es auch im dritten schmälsten Saume. — Uebrigens ist das Phänomen selbst noch nicht so untersucht, daß sich davon eine befriedigende Erklärung geben ließe. Von der Reflexion kann es gewiß nicht herrühren.

Physico-mathesis de lumine, coloribus et iride, aliisque adnexis, auct. P. *Franc Mar. Grimaldo.* Bonon. 1665. 4. *Newton Optice l. III.* S. 272. ff.

Das

Das Auge. Das natürliche und durch optische Werkzeuge verstärkte Sehen.

§. 602. Um zu wissen, was es mit dem Sehen der Gegenstände für eine Bewandtniß habe, muß man nothwendig einige Kenntniß vom Bau des Auges, und derjenigen Theile desselben haben, die zum klaren und deutlichen Sehen erfordert werden.

§. 603. Die Gestalt des **Augapfels** (bulbus oculi) kömmt der Kugelgestalt sehr nahe, nur daß vorne der durchsichtige Theil weiter hervorragend ist. Sein Längendurchmesser beträgt beym Auge des erwachsenen Menschen etwa $11\frac{1}{3}$ Pariser Linie. Er ist in der, mit Fett häufig versehenen, **Augenhöhlung** (orbita), nach allen Seiten durch sechs Augenmuskeln beweglich, und kann durch die **Augenlieder** (palpebrae) und durch die **Augenwimpern** (cilia) bedeckt, und vor einfallenden Unreinigkeiten und zu starkem Lichte geschützt werden.

§. 604. Der Augapfel besteht aus verschiedenen **Häuten** (membranae), welche zum Theil zusammenhängend sind, zum Theil Höhlungen zwischen sich lassen, die mit den durchsichtigen brechenden Mitteln, die man gewöhnlich die **Feuchtigkeiten** (humores) nennt, ausgefüllt sind. Die äußerste dieser Häute ist fest, zähe, dick, aus mehrern Blättern destehend, größtentheils undurchsichtig, und umgiebt den ganzen Augapfel. Sie heißt die **feste** oder **harte Haut** (tunica sclerotica). Je mehr sie sich dem Vordertheile des Augapfels nähert, desto dünner wird sie, und endlich ganz durchsichtig. Dieser durchsichtige Theil der festen Haut, durch die das Licht zum Innern des Auges dringt, heißt die Horn-

haut

Haut (cornea transparens, tunica cornea), und ist das Segment einer Kugel, deren Halbmesser kleiner ist, als der des übrigen Augapfels. Er ist daher hervorragend (§. 603.). Seine Axe ist aber mit der Axe des Augapfels gemeinschaftlich. Die Hornhaut ist auf ihrer innern Fläche noch mit einer andern, mit vieler Schnellkraft versehenen Haut, die man die Desmoursche Membran nennt, bekleidet.

§. 605. In dem Hintertheile der festen oder harten Haut, zur Seite der Achse des Augapfels, etwas nach der Nase zu, begiebt sich der Augennerve (nervus opticus) in den Augapfel. Das innere Blatt seiner festen Hirnhaut (dura mater), womit er bekleidet aus der Augenhöhle tritt, hilft entweder die feste Haut des Augapfels bilden, oder hängt wenigstens damit zusammen. Die Gefäßhaut (pia mater) des Nerven überzieht inwendig die feste Haut des Augapfels, ist durchaus schwarzbraun und dünne. Der übrige, markige innere Theil des Nerven, gewissermaßen die fortgesetzte Substanz des Gehirns selbst, geht in eine weiße, niedergedrückte, conische Warze aus, und die Substanz des Nerven zur Seite dieser Warze breitet sich selbst zu der innersten Haut des Auges aus, die nachher angeführt werden wird.

§. 606. Unter der harten Haut liegt zunächst an derselben die Gefäßhaut oder Aderhaut (tunica choroidea). Sie nimmt ihren Anfang von einem weißen, aus Zellgewebe bestehenden Zirkel, der die Substanz des Sehenerven begränzt. Sie hängt hiermit der festen Haut und diesem weißen Zirkel zusammen,

men, und wird von da an concentrisch innerhalb der festen Haut ausgespannt, mit der sie durch etwas Zellgewebe und durch Gefäße verbunden ist. Sie ist auswendig braun, inwendig fast schwarz. Wenn sie bis an den Ursprung der durchsichtigen Hornhaut gelangt ist, so wird sie daselbst durch vieles Zellgewebe mit der festen Haut vereiniget, in Gestalt eines weißen Reifes, des Ciliarkreises (orbiculus ciliaris), worin noch Fontana's Strahlencanal (canalis ciliaris) zu merken ist. Von diesem Zirkel, durch den die Gefäßhaut mit der festen Haut zusammenhängt, wendet sich ihre innere Lamelle nach dem Innern des Augapfels, und bildet die Strahlenbändchen (ligamenta ciliaria), dicke, schön gefaltene, vasculöse Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind, und die Kapsel der Crystalllinse umgeben.

§. 607. Zwischen der Hornhaut und den Strahlenfasern steigt die Regenbogenhaut (Iris) aus dem Ciliarkreise als eine Fortsetzung der Aderhaut ebenfalls herab. Sie zeigt auf ihrer vordern Seite bunte geschlängelte Streifen, die vom Umkreise herabsteigen, und diese vordere Fläche nennt man insbesondere die Regenbogenhaut (Iris). Auf ihrer hintern Seite besteht sie aus geraden Streifen, die mit einem schwarzen Leime überzogen sind. Diese hintere Fläche nennt man auch die Traubenhaut (uvea). In der Mitte dieser undurchsichtigen Haut, die Hr. Sömmering sehr passend die Blendung heißt, befindet sich eine kreisrunde Oeffnung, die Pupille, die Sehe, das Lichtloch, durch welche allein das Licht nach dem Innern des Auges tritt, und welche auf eine bewundernswürdige Art sich unwillkührlich

bey

schwachem Lichte erweitert, bey starkem Lichte verengert. Der zarte Rand dieser Oeffnung wird von den Streifen der hintern Seite der Regenbogenhaut gebildet.

§. 608. Wenn der Augennerve (§. 605.) durch die harte Haut und Aderhaut getreten ist, so breitet sich sein Mark zu einer feinen, zarten, in jüngern Jahren mehr durchsichtigen, im Alter mehr undurchsichtigen Haut, der **Netzhaut**, oder **Markhaut** (retina) aus, und legt sich allenthalben an die Aderhaut bis zum größern Kreise der Strahlenfasern an. Diese Netzhaut ist der Sitz der Empfindung, die durch die Vereinigungspuncte der Strahlen, welche zusammen das Bild des Gegenstandes machen, hervorgebracht wird.

§. 609. Die so genannten Feuchtigkeiten des Augapfels (§. 604.), welche zum Brechen der Strahlen bestimmt sind, sind 1) in der Mitte die **crystallene Feuchtigkeit** oder die **Crystalllinse** (humor crystallinus, lens crystallina), die eigentlich nicht sowol eine Flüssigkeit, als vielmehr ein fester, runder, höchst durchsichtiger, biconvexer Körper ist, dessen hintere Fläche mehr erhaben ist, als die vordere, eigentlich aus mehrern mit feinen Gefäßen versehenen, und durch ein sehr feines Zellgewebe verbundenen, mit einer sehr durchsichtigen wäßrigen Feuchtigkeit ausgefüllten, sphärischen Lamellen bestehet. Die innersten Bogen liegen näher auf einander, als die nach dem Rande zu, und machen gewissermaaßen einen dichtern Kern der Linse aus. Höchst wahrscheinlich wird dadurch die Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt (§. 566.) compensirt. Die Linse ist in einer

ner sehr durchsichtigen Kapsel (capsula lentis crystallinae) eingeschlossen, doch so, daß der enge Raum zwischen beiden mit einer Feuchtigkeit ausgefüllt ist. Sie ist mit dem Strahlenkörper eingefaßt. Die mittlere Brechung der Linse verhält sich nach Jurin gegen die der Luft, wie 1,46 : 1. Nach ebendemselben beträgt nach einer Mittelzahl der Halbmesser ihrer vordern Krümmung 3,3081 englische Decimallinien, der hintere aber 2,5056; und ihre größte Dicke 1,8525 solcher Linien.

§. 610. Den vordern Theil des Auges zwischen der Hornhaut und der Kapsel der Crystalllinse erfüllt 2) die wäßrigte Feuchtigkeit (humor aqueus). Der ganze Raum wird durch die Iris in die vordere (camera anterior) und hintere Kammer (camera posterior) eingetheilt, welche durch die Pupille Gemeinschaft haben. Die wässerigte Feuchtigkeit füllt beide aus, und treibt die Hornhaut in die Höhe. Der Halbmesser dieser Krümmung der Hornhaut beträgt nach Jurin 3,3294 Decimallinien engl. Die wässerigte Feuchtigkeit ist dünnflüssig, durchsichtig und schwachsalzig. Ihre mittlere Brechkraft gegen die Luft ist wie 1,29 : 1.

§. 611. Den größern Theil des Auges hinter der Crystalllinse füllt 3) die Glasfeuchtigkeit (humor vitreus) aus. Sie stellt eine sehr klare und durchsichtige Gallerte vor, und bestehet aus sehr feinen Zellen, in welche die gallertartige Flüssigkeit eingeschlossen ist. Sie hat vorne eine Concavität, wo sie die Crystalllinse berührt, und ist mit einer feinen, durchsichtigen, eigenen Membran eingeschlossen. Ihre mittlere Brechkraft verhält sich gegen die Luft nach Rochon wie 1,33 : 1.

Zinn descriptio anatomica oculi humani. Goett. 1755. 4.
Alb. von Hallers Grundriß der Physiologie, a. d. lat. mit Anm. von Sömmerring und Meckel Berl. 1788. 8. Cap. XV.

§. 612. Vermittelst dieses so bewundernswürdig eingerichteten Werkzeugs erhalten wir nun diejenige Empfindung, die wir das Sehen nennen. Die richtige Erklärungsart von der Hervorbringung dieser Empfindung blieb aber lange Zeit unbekannt, und wurde erst von Keplern entdeckt. Die Alten glaubten, daß die Strahlen von dem Auge nach den Gegenständen zu ausgiengen, wie Empedocles, Plato, Euclides, und von da wieder nach den Augen zurückgeworfen würden, wie die Stoiker annahmen. Porta entdeckte zuerst die Aehnlichkeit des Auges mit dem verfinsterten Zimmer; er zeigte dadurch einen bessern Weg zur Erklärung des Sehens, ob er sich gleich die Sache selbst noch unrichtig vorstellte, da er die Crystallinse für die Wand hielt, auf welcher sich das Bild des Gegenstandes abbilde, und von jedem sichtbaren Puncte des Gegenstandes nur einen Strahl ins Auge kommen ließ. Erst Kepler gab richtige Begriffe über die Art und Weise der Entstehung des Bildes.

§. 613. Von jedem Puncte eines sichtbaren leuchtenden oder erleuchteten Körpers fahren nach geraden Linien Strahlenkegel aus (§. 522.), deren Grundfläche die vordere Fläche der Hornhaut, und deren Spitze der sichtbare Punct ist. Von diesem Strahlenkegel kann nur derjenige Theil die Empfindung des Sehens des sichtbaren Punctes bewirken, welcher auf die Pupille trifft. Beym Durchgange dieses Strahlenkegels durch die Hornhaut und wässerige

ftige Feuchtigkeit vor und hinter der Pupille leidet er die ersten beiden Brechungen; auf der vordern Fläche der Crystallinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 564.), die dritte und stärkere, und in der gläsernen Feuchtigkeit die vierte Brechung. Die divergirenden Strahlen dieses Strahlenkegels werden dadurch convergirend, und treffen endlich in einem Punct zusammen. Dieser Punct der Wiedervereinigung der Strahlen ist der Ort des Bildes vom Puncte.

Es sey also (Fig. 115.) DE das Auge nach einem Durchschnitt in der Länge seiner Achse. Von dem Puncte A gehe ein divergirender Strahlenkegel aus, der auf die Hornhaut des Auges fällt. Da die Strahlen aus dem dünnern Medio, der Luft, in das dichtere übergehen, so werden sie dem Perpendicul zu gebrochen, und dadurch, wie aus dem vorigen von der Brechung in krummen Flächen bekannt ist, convergirend, wenn der strahlende Punct nicht zu nahe, d. h., die Divergenz der Strahlen nicht zu groß ist. Man sieht, daß dadurch auch Strahlen durch die Pupille kommen können, die durch den geraden Fortgang auf die Blendung gekommen seyn würden. Durch die Brechung in der Crystallinse C und der Glasfeuchtigkeit werden die Strahlen noch stärker convergirend, und vereinigen sich in einem Punct in a, der das Bild von A ist.

§. 614. Die Strahlen jedes Strahlenkegels also, welcher aus jedem Puncte des Körpers ausfährt, und auf die Pupille trifft, vereinigen sich also hinter der Linse, wie im finstern Zimmer, dessen Oeffnung mit einem erhabenen Glase versehen ist; und wenn das Auge die gewöhnliche Einrichtung hat, und das Object nicht zu entfernt oder dem Auge nicht zu nahe ist, so liegt das Bild des Punctes auf der Netzhaut. Von jedem sichtbaren Puncte eines Gegenstandes entsteht natürlicherweise ein Bild auf der Netzhaut, welche alle zusammen, wie im verfinsterten Zim-

mer, ein verkehrt stehendes vom ganzen Objecte machen.

Es sey (Fig. 116.) CAB ein Object, das vor dem Auge steht. Von den Puncten C, A, und B, gehen divergirende Strahlenkegel nach dem Auge, deren Strahlen durch die Brechungen zu convergirenden werden, und sich wieder in einen Punct vereinigen. Sie machen also das verkleinerte und verkehrt stehende Bild bac.

§. 615. Diese Wiedervereinigung der Strahlen eines Strahlenkegels von einem sichtbaren Puncte auf der Netzhaut, oder die Abbildung des Gegenstandes auf derselben, ist nun mit der Empfindung des Sehens begleitet. Wie die Vorstellungen der Seele aber mit diesem Zusammentreffen der Lichtstrahlen zu einem Bilde des Gegenstandes zusammenhängen, dies zu erklären, reichen unsere Erfahrungen nicht hin. Das Bild und die Empfindung des Sehens sind Wirkungen einer einzigen Ursache. Wir können nicht annehmen, daß das Bild als Bild die Empfindung bewirke. Denn dies kann es ja nicht, da es nur Phantom ist; eben so wenig können also auch die Farben, die am Bilde sind, die Empfindung der Farben hervorbringen. Noch weniger wird man glauben, daß die Seele das Bild des Gegenstandes auf der Netzhaut beschaue, und dadurch Vorstellung davon erhalte, so wie wir etwa in der finstern Kammer das Bild eines abgebildeten Gegenstandes wahrnehmen.

§. 616. Nur die Wiedervereinigung der zu einem Strahlenkegel gehörigen Strahlen in einem Puncte auf der Netzhaut erzeugt das deutliche Sehen dieses Puncts, und in so fern hiedurch sonst ein Bild des Punctes entsteht, können wir annehmen, daß

das

das Bild die Empfindung mache. Nur die Netzhaut ist für diese Wiedervereinigungspuncte fühlbar, und pflanzt die Empfindung durch den Gesichtsnerven bis zum Gehirne fort. Weiter können wir nun eben so wenig erklären, wie mit dieser Empfindung die Vorstellung des Sehens verknüpft ist, als wir es erklären können, wie der Eindruck auf die Nerven der Zunge und des Gaums den Geschmack, auf die Nerven der Nase den Geruch, oder auf den Gehörnerven das Hören, und die davon abhängenden Urtheile unserer Seele erzeuge. Die Vorstellung der Farben endlich möchte wol aus der verschiedenen Empfindung herrühren, welche die verschiedenen Gattungen der Lichtstrahlen auf der Netzhaut bewirken, und welche sie eben so verschiedentlich rühren, als es verschiedene riechende Ausflüsse bey den Geruchsnerven thun.

§. 617. Die Frage, warum wir die Gegenstände nicht verkehrt wahrnehmen, da doch das Bild derselben auf der Netzhaut verkehrt liegt, hat in der That keinen vernünftigen Sinn. In der Zeichnung des Bildes (Fig. 116.) beziehen wir freylich dieses auf den Gegenstand, und da steht das Bild gegen diesen allerdings verkehrt. Aber bey der Empfindung des Sehens mehrerer Gegenstände zusammen beziehen wir die Bilder zu den Bildern, und die haben ja gegen einander dasselbige räumliche Verhältniß, als die Objecte; folglich sind sie nicht gegen einander verkehrt. Wenn wir also einen Menschen auf dem Fußboden eines Zimmers stehend wahrnehmen, so bildet er sich so auf der Netzhaut ab, daß seine Füße gegen den zugleich mit abgebildeten Fußboden dieselbige Beziehung haben, als im Objecte. Er wird ja

nicht

nicht mit dem Kopfe auf dem Fußboden stehend abgebildet; folglich steht er auch im Bilde nicht verkehrt gegen den Fußboden, und gegen die Decke des Zimmers; sondern das Bild hat dieselbige räumliche Beziehung gegen die Bilder dieser, als das Object. Wenn sich also alles in der Welt in derselbigen räumlichen Verbindung auf der Netzhaut abbildet, worin es natürlich ist, so sehen wir nichts verkehrt.

Das astronomische Fernrohr kann hier gar nichts dagegen, sondern wohl dafür beweisen; weil das dadurch erhaltene Bild gegen das durchs bloße Auge erzeugte eine verkehrte Lage hat.

§. 618. Eben so wenig hat es auch mit der Schwierigkeit zu bedeuten, die einige darin zu finden glaubten, daß wir mit zwey Augen die Gegenstände nur einfach sehen. Denn, wenn gleich von einerley Puncte zwey verschiedene Strahlenkegel nach den beiden Augen gehen, so setzen wir doch den Punct nur dahin, wohin die Spitze des verlängerten Lichtkegels treffen muß, und diese Spitze ist ja beiden Strahlenkegeln gemeinschaftlich; daher muß der Punct, auch durch beide Augen gesehen, nur einfach erscheinen. Das Gegentheil geschiehet, wenn man den einen Augapfel mit den Fingern zur Seite drückt, wodurch die Spitzen der Lichtkegel von einander gebracht, und also das Object zweyfach empfunden wird.

§. 619. Ueberhaupt kommt es bey dem Urtheil der Seele über das Gesehene auf weit mehrere Umstände an, als bey den Empfindungen durch andere Sinne. Wir verbinden von Jugend auf unvermerkt mit dem Gesicht das Gefühl, und üben uns dadurch, aus dem, was uns das Auge darstellt, Urtheile über die

die wahren und eigentlichen Lagen, Entfernungen, Größe und Gestalten der Körper zu fällen. Wir erlangen eine Fertigkeit, aus der Verbindung beider Sinne, bey Gegenständen, die wenigstens nahe um uns herum sind, richtig zu urtheilen; aber weil auch dieses Urtheil mit dem Sehen selbst ohne unser Bewußtseyn so innig verbunden ist, so kömmt es auch oft, daß wir etwas zu sehen glauben, was wir bloß aus dem Gesehenen schließen; und wir schließen manchmal falsch, ob wir gleich richtig sehen.

Die Geschichte einiger Blindgebohrnen, und am Staar glücklich operirter Personen (s. Cheselden in philos. Transf. no. 402., und in Smith's Lehrbegriff der Optik; ingleichen Lichtenberg's Magazin für die Physik, B. 4. St. 1. S. 21.), kann es beweisen, daß wir von den Entfernungen, Lagen, Größen und Figuren der Gegenstände nicht anders, als erst durch Beyhülfe des Gefühls urtheilen lernen, oder daß wir die Empfindungen des Gesichts mit denen des Gefühls vergleichen müssen, um durch fortgesetzte Erfahrungen in den Stand gesetzt zu werden, aus dem Gesehenen auf ihre Entfernungen, Lage, Figur, u. s. w. zu schließen.

§. 620. Wenn man von den äußersten Enden eines sichtbaren Gegenstandes gerade Linien nach dem Mittelpunct der Pupille des Auges zu ziehet, so heißt der Winkel, den sie hier machen, der **Sehewinkel** oder die **scheinbare Größe** des Gegenstandes (angulus opticus, visorius; magnitudo, diameter objecti apparens). Dieser Sehewinkel wird bey einerley Object natürlicherweise größer, je näher dies dem Auge kömmt, und desto kleiner, je weiter es sich davon entfernt.

§. 621. Unser Urtheil über die **Größe** der Gegenstände hängt nicht allein von ihrer wahren Größe, sondern auch von diesem Sehewinkel mit ab, un-

unter welchem wir die Objecte wahrnehmen, und von welchem auch die Größe des Bildes auf der Netzhaut abhängt. Gegenstände von verschiedenen wahren Größen können daher dem Auge unter einerley scheinbarer Größe erscheinen, wenn sie unter einerley Sehewinkel wahrgenommen werden; und umgekehrt können Gegenstände von einerley wahrer Größe unter einer verschiedenen wahrgenommen werden, wenn der Sehewinkel verschiedentlich groß ist.

Sonne und Mond können uns gleich groß erscheinen, ohngeachtet ihre Größe sehr verschieden ist, wenn der Sehewinkel, unter dem wir beide sehen, gleich groß ist.

Der Stundenzeiger einer Taschenuhr scheint uns zu ruhen, weil sich der Sehewinkel in kurzer Zeit nur unmerklich ändert.

Auf einem Kornfelde scheinen uns die Kornähren, welche weiter entfernt sind, dichter zu stehen, als die näheren.

Eine lange Allee scheint uns am Ende spitzig zuzulaufen.

§. 622. Ein bloß erleuchteter Gegenstand kann daher endlich dem Auge unsichtbar werden, wenn der Sehewinkel so klein wird, daß er nicht empfunden werden kann, oder wenn der Bogen desselben bis zu einer Größe von etwa einer Minute abnimmt. Leuchtende Gegenstände können uns hingegen in einer noch viel weitern Entfernung sichtbar bleiben, wobey sie uns aber dann auch ohne bemerkbaren Durchmesser erscheinen müssen, wie die Fixsterne.

§. 623. Sonst beurtheilen wir auch noch die wahre Größe des gesehenen Gegenstandes aus seinen uns sonst bekannten Entfernungen, aus der stärkern oder schwächern Erleuchtung, worin er uns erscheint, und dann auch aus dem Verhältniß seines

Bil-

Bildes zu den Bildern naher Gegenstände, deren wahre Größe wir kennen.

Der hinter Bergen oder hinter Bäumen aufgehende Mond scheint uns größer, als wenn er höher am Horizont stehet.

§. 624. Die Urtheile unserer Seele über **Entfernungen** der Dinge von uns, hängen keinesweges von den Empfindungen des Gesichts allein ab, sondern wir erlangen die Fertigkeit, von dem, was wir sehen, auf die Entfernungen, Größen, oder Stellen zu schließen, oder das **Augenmaaß**, ebenfalls durch Vergleichung der Empfindungen des Gesichts mit denen des Gefühls, und durch Erfahrungen, die wir, obgleich unvermerkt, von Jugend auf hierüber anstellen, und wir sind uns der Umstände, aus denen die Vorstellung einer wirklichen Entfernung in uns entsteht, selten deutlich bewußt. Ohne Erfahrungen durchs Gefühl über die Entfernung der Dinge würden wir glauben, daß die Gegenstände dicht vor dem Auge stünden.

§. 625. Bey nahen Gegenständen schätzen wir die Entfernung derselben aus der zum genauen Sehen nöthigen Veränderung des Auges, welche wir vornehmen müssen, um auf verschiedene Entfernungen deutlich zu sehen, und wir urtheilen dann, daß der Gegenstand da sey, wo die Spitze des Lichtkegels zu stehen kömmt, dessen Grundfläche die Pupille des Auges ist. Bey entferntern Gegenständen schätzen wir die Entfernungen aus dem Winkel, den die beiden Augenachsen mit einander machen; aus der Vergleichung der uns bekannten wahren Größe derselben mit der scheinbaren, in welcher wir sie wahrneh-

nehmen; aus der grössern oder geringern Helligkeit und Klarheit, worin wir sie sehen; aus der Deutlichkeit der kleinen Theile eines Gegenstandes; und endlich aus der Menge anderer zwischen dem Gegenstande und dem Auge befindlichen Dinge.

Hieraus erhellet leicht, warum uns das Meer vom Ufer aus gesehen, wenn wir sonst keine Gegenstände, wie Schiffe, Inseln, u. d. gl. darauf wahrnehmen, bey weitem nicht so weit ausgedehnt erscheint, als diejenigen glauben, die es nicht gesehen haben.

§. 626. Wir können mit gesunden Augen Gegenstände in verschiedenen Entfernungen vom Auge noch deutlich wahrnehmen. Da nun das Bild eines entfernten Gegenstandes nicht so weit hinter die Crystallinse, die wie ein erhabenes Glas wirkt (§. 564.), fällt, als das Bild eines nähern, und das Auge doch nur dann deutlich sieht, wenn die Spitze der Strahlenkegel oder das Bild des Gegenstandes die Netzhaut trifft, so muß das Auge ein Vermögen besitzen, seine Einrichtung zu ändern, und dadurch auf grössere oder kleinere Weiten deutlich zu sehen. Es muß also bey entferntern Gegenständen die Crystallinse entweder nach dem Boden des Auges näher zurücktreten, oder dieser sich der Crystallinse nähern, oder die Hornhaut flächer werden, und bey nahen Gegenständen das Gegentheil geschehen können. Worin dies Vermögen bestehe, darüber sind die Meinungen sehr getheilt.

§. 627. Diese Veränderungen finden natürlicher Weise ihre Gränzen, und es giebt daher für jedes Auge eine gewisse Weite, in der es bey seinem natürlichen Zustande deutlich sieht. Diese Weite, bey der es kleinere Gegenstände noch deutlich wahrneh-

nehmen kann (distantia visionis distinctae), setzt man zwar gewöhnlich auf 12 bis 16 Zoll, allein sie ist bey vielen Personen größer oder geringer.

§. 628. Wenn die Hornhaut eines Auges zu sehr erhaben, die Crystalllinse zu convex oder zu compact, oder ihr Abstand von der Netzhaut zu groß ist, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von Gegenständen, die 10 bis 16 Zoll und drüber entfernt sind, nach dem Brechen zu früh zusammen, ehe sie die Netzhaut erreichen, oder die Divergenz der Strahlen von den Strahlenkegeln dieser Gegenstände ist für ein solches Auge zu gering, als daß der Vereinigungspunct die Netzhaut treffen sollte. Ein solches Auge sieht daher nur nahe Gegenstände deutlich, entfernte undeutlich. Personen, welche diesen Fehler haben, heißen **Kurzsichtige** (myopes), und die Weite, bey der sie kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen, erstreckt sich ohngefähr nur auf 4 bis 6 Zoll. Hohlgläser vermehren die Divergenz divergirender Strahlen (§. 571. 2.), und durch Hülfe derselben sehen also Kurzsichtige auch mehr entfernte Gegenstände deutlich.

§. 629. Wenn hingegen das Auge so beschaffen ist, daß die Hornhaut und die Crystalllinse flach, und in der Convexität vermindert ist, oder dem Boden des Auges zu nahe liegt, so treffen die Strahlen der Strahlenkegel von nahen Gegenständen zu spät zusammen, und das Bild würde erst hinter die Netzhaut fallen. Ein solches Auge kann nur entfernte Gegenstände deutlich wahrnehmen, nicht aber nahe. Diejenigen, welche diesen Fehler der Augen haben, heißen **Weitsichtige** (Presbytae), und jener entsteht

ge=

gewöhnlich im Alter, wo die Säfte des Auges mehr austrocknen. Die nächste Weite, wobey ein solches Auge noch deutlich sieht, ist höchstens 16 Zoll; bey manchen zwey bis 3 Fuß. Da erhabene Gläser das Vermögen haben, die Divergenz der divergirenden Strahlen der Strahlenkegel zu vermindern (§. 564.), und die Strahlen aus nahen Puncten so zu brechen, als ob sie aus entfernten Puncten herkämen, so können Weitsichtige durch Hülfe derselben auch nahe Gegenstände deutlich sehen, und sie bedienen sich daher zu diesem Zwecke der **Brillen**.

Merkwürdig ist was Hr. Stack von den Ursachen der Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit sagt. (Ein Versuch, die Theorie des fehlerhaften Sehens zu verbessern, von J. Stack, aus den *Transact. of the royal irish academy. T. II.* übers. in Grens Journ. d. Phys. B. IV. S. 45. ff.)

§. 630. Gegenstände, welche sehr klein sind, sehen wir auch in der gewöhnlichen, zum deutlichen Sehen erforderlichen Weite (§. 627.) nicht deutlich. Dadurch, daß wir sie dem Auge näher bringen, würden wir zwar den Sehewinkel, unter dem wir sie wahrnehmen, vergrößern; aber dann trifft das Bild die Netzhaut nicht mehr, und wir sehen den Gegenstand verwirrt und undeutlich. Ein Werkzeug, welches dazu dient, ganz kleine Gegenstände größer, als in der gewöhnlichen Entfernung vom Auge, und doch deutlich zu sehen, heißt ein **Mikroskop** oder **Vergrößerungsglas** (Microscopium, Engyscopium).

§. 631. Jedes erhabene Glas und jede Glaskugel vergrößert der Erfahrung zufolge die Objecte, wenn wir sie dadurch betrachten. Man bedient sich aber vorzüglich, um ganz kleine Sachen dadurch zu

be-

betrachten, kleiner, sehr erhabener Linsen, oder kleiner Glaskügelchen, und beide heißen daher auch einfache Mikroskope (microscopia simplicia). Die Strahlen, welche von diesen kleinen Gegenständen, wenn sie nahe ans Auge gehalten werden, divergirend in dasselbe treten würden, werden durch diese Vergrößerungsgläser, wenn sie in dem Brennpuncte derselben liegen, nach dem Brechen parallel (§. 564.), und das Auge sieht dadurch den sehr genäherten Gegenstand deutlich. Das Auge sieht nun den Gegenstand unter einem desto größern Sehewinkel, und also auch um desto größer (§. 621.). Ueberhaupt verhält sich die Größe, unter welcher man Gegenstände durch eine Vergrößerungslinse in dem Brennpuncte derselben erblickt, zu der Größe, in der man sie ohne Glas deutlich erkennen kann, wie die kleinste Entfernung, bey der man ohne Glas deutlich sehen kann, zur Brennweite der Vergrößerungsgläser. Da nun der Brennpunct desto näher an das Glas kommt, je kleiner der Durchmesser der Linse wird, so sieht man auch leicht ein, daß die Linsen um desto mehr vergrößern, je kleiner der Durchmesser der Kugel ist, wovon die Fläche der Linse ein Abschnitt ist. Zu den stärksten Vergrößerungen gebraucht man daher ganz kleine Glaskügelchen.

Es sey LM (Fig. 117.) eine Glaslinse von sehr kurzer Brennweite, in deren Brennraume ein kleiner Gegenstand ab befindlich sey. Es ist aus dem Vorigen (§. 564. a.) klar, daß die divergirenden Strahlen, die von den erleuchteten Puncten des Objects ab gegen die Linse zu gehen, durch das Brechen zu parallelen werden: Die Strahlen des Punctes a gehen also als parallele nach O, und die des Punctes b als parallele nach Q. Die letztern schneiden die erstern unter dem Winkel QCO = aCb. Das der Linse sehr genäherte Auge sieht nun die Puncte a und b deutlich, wenn es nicht kurzsichtig

tig ist, und so das ganze kleine Object ab. Da wir nicht gewohnt sind, Objecte so nahe am Auge wahrzunehmen, und überhaupt so kleine sonst nicht deutlich sehen, so beziehen wir das Object auf die Distanz AC, bey der wir sonst die Objecte deutlich zu sehen gewohnt sind. Da nun das Object AB in der Entfernung CA dem bloßen Auge unter eben dem Sehwinkel erscheinen würde, so schreiben wir dem Objecte ab die Größe AB zu. Es ist also die Größe des scheinbaren Durchmessers des Objects durchs Mikroskop zu der Größe desselben ohne Mikroskop, wie die Weite, bey der jemand deutlich sieht, zur Brennweite der Linse. Weil nemlich die Dreyecke aCb und ACB ähnlich sind, so ist AB : ab = AC : ac.

Man findet nach dem hier Erwähnten die Stärke der Vergrößerungen, wenn man die Entfernung, bey der man kleine Gegenstände deutlich wahrnehmen kann, durch die Brennweite des Vergrößerungsglases dividirt. Wenn z. B. ein Auge in der Entfernung von 10 Zoll deutlich sieht, so ist die Vergrößerung des scheinbaren Durchmessers eines Objects, das man durch ein Vergrößerungsglas von 1 Linie Brennweite betrachtet, 120 mal, folglich die Vergrößerung des Flächenraums 14400 mal.

§. 632. Um die Gegenstände in den erforderlichen Entfernungen an ein solches Vergrößerungsglas bequem zu bringen und dadurch zu betrachten, und sie auch gehörig zu erleuchten, hat man mehrerley Vorrichtungen ausgedacht. Wir bemerken hier nur besonders das einfache Wilsonsche [1]) oder Lieberkühnsche Mikroskop, und das Mikroskop mit dem Erleuchtungsspiegel [2]).

1) Gehlers physik. Wörterb. Th. III. S. 221.

2) *Muschenbroeck* introd. ad philos. nat. T. II. Tab. XLV. Fig. 3.

§. 633. Sonst hat man auch zusammengesetzte Mikroskope (microscopia composita), die aus mehrern Linsen bestehen, durch welche man nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild desselben umgekehrt und vergrößert sieht. Der Gegenstand er-

erhält entweder durch einen Hohlspiegel oder durch ein convexes Glas Erleuchtung. Wir merken hier das Cuffische Mikroskop.

Es sey (Fig. 118.) ein kleines Object acb etwas weiter, als die Brennweite der mikroskopischen Linse LM beträgt, von derselben in der gehörigen Erleuchtung gestellt. In diesem Falle werden die divergirenden Strahlen der Puncte a, c, b durch die Brechung zu convergirenden (§. 564. 3.) und zwar werden sie desto später zusammenlaufen, je näher sie dem Brennpuncte der Linse LM sind. BCA ist hiernach das Bild des Objects, und steht gegen dasselbe verkehrt. Wenn nun noch in FE eine größere convexe Linse ist, deren Brennpunct mit dem Bilde BCA zusammenfällt, so werden die von B, C und H ausfahrenden divergirenden Strahlen durch das Brechen zu parallelen (§. 564. 2.), und schneiden sich in O. Ist hier in O das Auge, so sieht es das umgekehrte Bild BCA des Objects acb deutlich, unter dem Winkel BDA. Dieser verhält sich zu dem Sehewinkel, unter dem das Object ohne Mikroskop gesehen werden würde, wie die Distanz des Bildes BA von der Linse LM, zur Brennweite CD der Linse FE.

Damit aber die Länge dieses Mikroskops kürzer und zugleich das Gesichtsfeld größer werde, wird zwischen LM und FE noch eine convexe Linse angebracht, und das Mikroskop wird also aus drey Linsen zusammengesetzt. Es sey (Fig. 119.) ein kleines Object AB, das von der kleinen mikroskopischen Linse KEC weiter absteht, als die Brennweite derselben beträgt. Die divergirenden Strahlen der Puncte B und A werden solchergestalt durch das Brechen in die Linse KEC zu convergirenden. Ehe aber die convergirenden Strahlen s, r, t, und Z, K, V der Puncte B und A sich schneiden, und das Bild machen, treffen sie auf die größere convexe Linse GH (das Collectivglas) und werden dadurch früher convergirend (§. 564.) in d und f, wo sie das umgekehrte Bild fd des Objects BA machen, von da als divergirende fkq und dpn auf die Linse n (das Ocular) fallen, die um die Brennweite von dem Bilde fd entfernt steht. Durch das Brechen in dieser Linse werden sie nun zu parallelen, und das Auge in O sieht dadurch das Bild fd des Objects BA deutlich, und vergrößert unter dem Winkel aOp.

Um die Linsen dieses zusammengesetzten Mikroskops gehörig zu stellen, den Gegenstand gegen das Instrument richtig zu ordnen, zu behandeln, und gehörig zu erleuchten, sehe man *Baker* Employment for the

mi-

microscope, Lond. 1752. 8. Beyträge zum Gebrauch und Verbesserung des Mikroskops, a. d. Engl. Augsburg 1754. 8. Brander Beschreibung zweyer zusammengesetzten Mikroskope, Augsb. 1769. 8.

§. 634. Werkzeuge aus zusammen verbundenen Linsen, oder auch Spiegeln mit Linsen, welche dazu dienen, entfernte Gegenstände, die man durchs bloße Gesicht nicht deutlich sehen kann, klar und deutlich wahrzunehmen, heißen **Fernröhre**, **Telescope** (telescopia, tubae opticae). Man kann sie überhaupt in zwey Gattungen, 1) in **dioptrische**, und 2) in **catadioptrische** eintheilen.

§. 635. Die dioptrischen Fernröhre bestehen aus verschiedenen Glaslinsen, welche in einem Rohre einander näher gebracht oder von einander mehr entfernt werden können. Diese Linsen selbst führen verschiedene Namen. 1) Das **Objectivglas** oder **Vorderglas** ist dasjenige, was sich an dem äußersten Ende des Rohrs befindet, und dem zu betrachtenden Gegenstande zunächst zugerichtet ist. Es ist allemal convex und hat auch einen größern Brennraum, als die übrigen Linsen. 2) Die **Augengläser** oder **Ocularгläser**, deren Stelle an dem andern Ende des Rohres, und dem Auge zugerichtet sind. Ihr wahrer oder eingebildeter Brennpunct ist immer kürzer, als der des Objectivglases. Das Rohr, worin man diese Gläser befestigt, überzieht man inwendig mit einer schwarzen Farbe; und giebt dem Objectivglase **Bedeckungen**, um dadurch die Undeutlichkeit des Bildes, welche von der Abweichung der Strahlen wegen der Gestalt des Glases (§. 566.) entsteht, zu verhüten; zu eben dieser Absicht dienen auch für die Augengläser die **Blendungen** in den Röhren.

§. 636

§. 636. Die erstere und älteste Art dieser dioptrischen Fernröhre ist das Holländische oder Galileische Fernrohr. Es bestehet aus einem convexen Objective, und einem concaven Ocularglase, die auf einerley Achse so gestellt sind, daß der eingebildete Brennpunct des letztern mit dem wahren Brennpuncte des erstern zusammentrifft. Die Entfernung der Linsen von einander ist folglich der Differenz ihrer Brennweite gleich. Gegenstände durch dies Fernrohr betrachtet, erscheinen gerade, und unter einem größern Sehewinkel; eigentlich so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist. Wegen des geringen Gesichtsfeldes, oder des geringen Raumes, den man durch dies Fernrohr übersehen kann, und wegen der Unbequemlichkeit, daß man das Auge dicht an das Ocular legen muß, gebraucht man es jetzt nur noch zu Taschenperspectiven.

Es sey (Fig. 120.) das convexe Objectivglas MN mit dem biconcaven Oculare PQ auf einerley Achse so gestellt, daß der Focus des erstern Do mit dem Focus des letztern Ko zusammenfalle. Es sey das Objectivglas einem sehr entfernten Objecte zugerichtet, so daß die von den äußersten Puncten O und B des letztern auf das Objectiv fahrenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind, und sich daher in Strahlencylinder verwandeln. Die Achse A des Strahlencylinders O stehe senkrecht auf MN und PQ, so geht der Strahl, der diese Achse vorstellt, ungebrochen durch beide Gläser, und ist ADo. Die damit parallelen Strahlen dieses Strahlencylinders O werden durch die Brechung in MN in convergirenden, und würden ohne PQ in o zusammentreffen, durch die Brechung in PQ aber werden sie zu parallelen (§. 571.). Von dem untern Puncte B des Objects geht eben so ein Strahlencylinder BD nach dem Objectivglase MN, und die durch die Brechung in demselben convergirend gemachten Strahlen desselben werden durch die Brechung in PQ zu parallelen. Was von diesen Strahlencylindern O und B gilt, gilt von allen den Strahlency-

cylindern der übrigen zwischen O und B befindlichen Puncte des Objects, die auf das Objectivglas fallen. Wenn daher das Auge dicht hinter dem Oculare PQ ist, so wird es die Puncte A und B, und so die übrigen dazwischen, deutlich sehen; denn die parallelen Strahlen Cb und Ko werden durch die Brechung im Auge ein Bild der Puncte b und o auf der Netzhaut machen, das eben so gegen das Object verkehrt steht, als es ohne die Gläser durch die Brechung im Auge allein stehen würde. Das Auge sieht also den Gegenstand aufrecht, wie natürlich, und sieht ihn unter dem Winkel bKo, unter dem die Achsen der durch die Brechung im Auge gebildeten Strahlenkegel geneigt sind. Wenn das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand OB ohne das Telescop unter dem Winkel ADB = bDo wahrnehmen. Wegen Kleinheit der Winkel bKo, bDo können wir annehmen, daß ihre Sinus von den Bogen, die sie messen, selbst nicht merklich verschieden sind; wir können also bo als einen Bogen ansehen, der den Winkel bKo, dessen Sinus totus oK ist, und zugleich den Winkel bDo mißt, dessen Sinus totus oD ist. Da die Winkel sich verhalten wie die ihnen zugehörigen Bogen, und umgekehrt wie der Sinus totus derselben, so ist $bKo : bDo = \frac{bo}{oK} : \frac{bo}{OD} = oD : oK$. Da nun oD, oK die respectiven Brennweiten des Objectivglases und des Oculars vorstellen, so verhält sich demnach der Winkel bKo, oder die scheinbare Größe, unter der das Object durchs Telescop wahrgenommen wird, zu dem Winkel bDo = ADB, oder zu der scheinbaren Größe, unter der das Object ohne das Telescop wahrgenommen wird, wie die Brennweite oD des Objectivglases zur Brennweite oK des Oculars; oder das Object erscheint im Durchmesser so viele male vergrößert, als oK in oD enthalten ist.

Scherfferi institut. phys. P. II. S. 245.

§ 637. Eine zweyte Art ist das **Keplersche Sternrohr** (tubus astronomicus), in welchem ein convexes Augenglas mit einem convexen Objective von einer längern Brennweite so zusammengesetzt ist, daß ihre Entfernung von einander der Summe ihrer Brennweite gleich ist. Der Gegenstand erscheint

das

dadurch verkehrt, und man sieht eigentlich durch das Ocular nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild davon in dem Rohre vor dem Ocular. Dies Fernrohr hat ein weit grösseres Gesichtsfeld, als das vorige, und man bedient sich desselben zum astronomischen Gebrauch. Man sieht die Gegenstände dadurch so oft vergrößert, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Es seyn (Fig. 121.) MN ein biconvexes Objectivglas, und PQ ein biconvexes Ocular von einer kürzern Brennweite, auf einerley Achse so gestellt, daß sie um die Summe ihrer respectiven Brennweiten Do + Ko von einander entfernt sind. Es sey hier ebenfalls das Object so weit entfernt, daß die von seinen sichtbaren Puncten kommenden divergirenden Strahlen als parallele anzusehen sind. O und B seyen der oberste und unterste Punct des Objects, und AD und BD die Achsen der davon auf das Objectivglas MN fallenden Strahlencylinder. Die respectiven Strahlen dieser Strahlencylinder werden durch die Brechung in MN zu convergirenden, laufen im Brennpuncte des Glases MN zusammen, und machen also in bo das umgekehrte Bild des Gegenstandes AB. Da oK zu gleicher Zeit die Brennweite der Linse PQ ist, so werden die in b und o wieder divergirend auslaufenden Strahlen durch die Brechung in der Linse zu parallelen, die sich nachher wieder unter dem Winkel PFK = bKo schneiden. Das in F befindliche Auge sieht nun nicht den Gegenstand selbst, sondern das Bild des Gegenstandes, und zwar unter dem Winkel bKo. Wenn wir nun wieder wie vorher (§. 636. Anm.) bo für den Bogen nehmen, so folgt, daß sich der Winkel bKo, unter dem das Bild des Gegenstandes vermittelst des Perspectivs gesehen wird, zu bDo (= ADB), unter dem das Object AB von dem bloßen Auge in D gesehen werden würde, verhalten wie Do : Ko, d. i., wie die Brennweite des Objectivs zur Brennweite des Oculars; oder daß der Gegenstand so viele male vergrößert erscheint, als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectivglases enthalten ist.

Da das Bild, welches das Auge durch dies Fernrohr wahrnimmt, gegen den Gegenstand, mit dem bloßen Auge gesehen, eine umgekehrte Lage hat, so

sieht man leicht, daß man die Gegenstände durch dies Fernrohr verkehrt wahrnehmen müsse.

§. 638. Die dritte und gewöhnlichste Art ist das Erdrohr (tubus terrestris), dessen Erfindung dem Pater Rheita zugeschrieben wird. Es besteht gewöhnlich aus drey convexen Ocularglásern von kurzer Brennweite, und einem convexen Objective von längerer Brennweite. Die Entfernung des Objectivglases vom nächsten Oculare ist der Summe ihrer Brennweiten gleich, und auch so die Entfernung der Oculare von einander. Man sieht den Gegenstand durch dies Erdrohr aufrechts, und eigentlich wird das verkehrte Bild des Gegenstandes, das man beym Sternrohr sieht (§. 637.), durch das zweyte Ocular wieder aufrechts gebracht. Die Vergrößerung ist wie bey dem Sternrohre, und kann größer werden, wenn man dem zweyten Ocularglase eine größere Brennweite giebt, als dem ersten. Man hat auch Erdröhre mit fünf Augengläsern.

Wenn zu den Gläsern MN und PQ des Sternrohres (Fig. 121.) noch zwey andere biconvexe RS und TV (Fig. 122.) so gefügt werden, daß diese letztern um die Summe ihrer Brennweiten von einander abstehen, so werden die parallelen Strahlen, die aus PQ herausfahren, und sich in F schneiden, durch die Brechung in RS wieder zu convergirenden, und in der Brennweite von RS das Bild $\omega\beta$ hervorbringen, das gegen das in bo verkehrt, und also wiederum so, wie der Gegenstand, steht. Da die von ω und β divergirend auf TV fallenden Strahlen aus dem Brennraume dieser Linse kommen, so werden sie wieder zu parallelen, und das Auge sieht dadurch das Bild $\omega\beta$ des Gegenstandes OB deutlich, und zwar in derselben Stellung, als den Gegenstand.

§. 639. Kurzsichtige müssen bey allen diesen Fernröhren die Oculargläser dem Objective näher brin-

bringen, um die sonst parallel auslaufenden Strahlen als divergirend auf das Auge zu empfangen.

§. 640. Außer der Unvollkommenheit, welche diese Werkzeuge durch die Abweichungen der Strahlen wegen des Glases (§. 566. 635.) erhalten, besitzen sie eine noch weit erheblichere, die von der verschiedenen Brechbarkeit der Strahlen herrührt, und welche zur Folge hat, daß das Bild des Objectes mit farbigten Rändern, und überhaupt undeutlich erscheint. Man suchte sonst diesen Fehler dadurch zu vermindern, daß man Objective von sehr langen Brennweiten anwendete, und mußte deswegen die Fernröhre sehr lang machen; allein die Undeutlichkeit wird demohngeachtet dadurch nicht gänzlich gehoben.

§. 641. Im Jahr 1747 kam Euler auf den Gedanken, den Fehler der dioptrischen Fernröhre, der von der Abweichung der Strahlen wegen ihrer verschiedenen Brechbarkeit herrührt, dadurch zu heben, daß man das Objectiv aus zweyerley durchsichtigen Materien zusammensetze, welche das Licht nicht auf einerley Art brächen, so daß die eine die farbigten Strahlen wieder vereinigte, welche die andere trennte. Newton hatte diesen Fehler für unverbesserlich gehalten, und deshalb die nachher anzuführenden reflectirenden Telescope angegeben. Johann Dollond behauptete zwar erst den Newtonischen Satz gegen Eulern; allein er fand nachher doch, nachdem besonders Klingenstierna Newtons Satz näher geprüft hatte, daß er geirrt habe, und war der erste, der ein farbenloses oder achromatisches Fernrohr zu Stande brachte. Die Einrichtun-

tungen dieser Fernröhre hat nachher theils er selbst, theils sein Sohn ansehnlich verbessert, und sie führen auch noch nach ihm den Namen der Dollondschen Fernröhre.

Is. Newton Optice L. I. P. II. pr. 83. S. 106. Sur la perfection des verres objectifs des Lunettes, par Mr. *Euler*; in den *Mém. de l'Acad. roy. des sciences de Prusse*, 1747. S. 274. Anmerkung über das Gesetz der Brechung der Lichtstrahlen von verschiedener Art, wenn sie durch ein durchsichtiges Mittel in verschiedene andere übergehen, von Sam. Klingenstierna; in den schwed. Abhandl. vom J. 1754. S. 300. An account of some experiments concerning the different refrangibility of light, by *John Dollond*, in den *philosophic. Transact. Vol. L* S. 733.

§. 642. Die wesentliche Einrichtung dieser achromatischen Fernröhre ist, daß das Objectiv aus zwey ganz nahe zusammengestellten Linsen von sogenanntem Crownglase und Flintglase zusammengesetzt wird; dieses zerstreuet die Strahlen ungleich stärker als jenes. Hinter die convexe Linse nemlich aus Crownglas wird eine concave Linse aus Flintglas gesetzt, und dadurch die im ersten entstandenen Absonderungen der Strahlen wieder gehoben. Man macht das Objectiv auch noch vollkommener dreyfach, aus zwey convexen Linsen aus Crownglase und einer dazwischen befindlichen biconcaven aus Flintglase. Diese Objective vertragen eine weit stärkere Vergrößerung, als die einfachen, und brauchen eine viel kürzere Brennweite zu haben. Das Flintglas hat seine starke zerstreuende Kraft vorzüglich vom beygemischten Bleykalk; nur hält es schwer, dies Glas vollkommen klar und ohne Streifen und Wellen zu erhalten.

Von der Theorie der achromatischen Fernröhre sehe man: Mémoire sur les moyens de perfectionner les lunettes

ces d'approche par l'usage d'objectifs composés de plusieurs matières differemment refringantes, par Mr. Clairant, in den *Mém. de l'acad roy des sc.* 1756. S. 380. Second mémoire, ebendas. 1757. S. 524. *Sam. Klingenstierna* tentamina de definiendis et corrigendis aberrationibus luminis in lentibus sphaericis refracti, et de perficiendo telescopio dioptrico. Petrop. 1762. gr. 4. Nik. Fuß umständliche Anweisung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen sind, a. d. Franz. von Geo. Sim. Klügel. Leipz. 1778. 4.

§. 643. Da das von Spiegelflächen zurückstrahlende weiße Licht nicht in Farben zerstreuet wird, und also dadurch nicht die erwähnte Undeutlichkeit des Bildes entsteht, so veranlaßte dies Newton, den Gedanken, den schon Jacob Gregory, und vielleicht noch früher Mersenne gehabt hatte, anstatt des Objectivglases im Fernrohre einen Hohlspiegel zu gebrauchen, besonders zu benutzen. Diese Art der Fernröhre (§. 634.) führt den Namen der Spiegelteleskope (tubi reflectentes).

§. 644. Die erste Art, das Newtonische Spiegelteleskop (tubus Newtonianus) besteht aus einem Hohlspiegel, der in einem Rohre so eingesetzt ist, daß das andere Ende desselben der Spiegelfläche gegenüber offen ist, welches nach dem Gegenstande zugerichtet wird. Die Axe des Spiegels fällt mit der Axe des Rohrs zusammen. Die vom Hohlspiegel convergirend zurückprallenden Strahlen werden, von einem kleinen Planspiegel, der unter einem halben rechten Winkel gegen die Axe des Rohrs befestigt ist, noch ehe sie in dem Brennpuncte zusammentreffen, aufgefangen, und von demselben nun nach einer auf der Axe des Rohrs senkrechten Richtung nach dem zur Seite in dem Rohre befindlichen Oculare zu-

rück-

rückgeworfen, in dessen Brennpuncte sie sich vereinigen und ein Bild machen. Weil man dieserhalb zur Seite in das Fernrohr hineinsieht, so ist auswendig mit der Axe desselben parallel ein kleines Fernrohr, der Finder, durch welches man erst den zu betrachtenden Gegenstand sucht. Durch dies Newtonische Spiegeltelescop sieht man den Gegenstand verkehrt, und so vielmal vergrößert, als die Brennweite des Ocu-lars in der Brennweite des Hohlspiegels enthalten ist.

In dem Rohre GHIN (Fig. 123.), das bey GN offen und bey HI verschlossen ist, steht der sphärische Hohlspiegel DC. Es sey die Mündung GN des Rohrs einem Gegenstande zugerichtet, der so weit entfernt ist, daß die von einzelnen Puncten kommende divergirende Strahlen als parallele anzusehen sind. So kommen nun von des Objectes oberstem Puncte der Strahlencylinder OO, und von dem untersten der Strahlencylinder BB. Die auf den Spiegel fallenden Strahlen OD, OC würden durch Reflexion das Bild des Punctes O in o in des Spiegels Achse machen, und die Strahlen BD und BC das Bild des Punctes B in b. Allein ehe sie zu einem Bilde zusammentreffen, werden sie von dem unter einem Winkel von 45° gegen die Achse des Spiegels geneigten kleinen Planspiegel TV aufgefangen, und nach dem Seitenrohre SR zugeworfen. Da hierbey die Convergenz der Strahlen nicht vermehrt und vermindert wird, so kömmt die Spitze b des Strahlenkegels DbC nach β, und die Spitze o des Strahlenkegels DoC nach ω, und $\omega\beta$ ist also das Bild des entfernten Gegenstandes OB. Die von ω, β, ausfahrenden divergirenden treffen auf die convexe Linse t, und werden durch die Brechung darin zu parallelen, und schneiden sich als solche in K. Das Auge in K sieht also das Bild des Gegenstandes deutlich, und zwar unter dem Sehewinkel $\beta t\omega$ = bto.

Wenn nun das Auge in D wäre, so würde es den Gegenstand für sich unter dem Winkel ODB = bDo wahrnehmen. Wenn wir wie bey den vorigen Arten der Fernröhre bo für einen Bogen nehmen, der den Winkel bDo und bto mißt, so ist bto : bDo = $\frac{bo}{to}$: $\frac{bo}{Do}$ = Do : to = Do : tω. Der Sehewinkel vom Bilde $\omega\beta$ verhält sich demnach zum Sehewinkel des Ge-

Gegenstandes OB mit blossen Augen betrachtet, wie die Brennweite DO des Hohlspiegels zur Brennweite co des Oculars; oder der Gegenstand wird so viele male vergrössert wahrgenommen, als die Brennweite des Oculars in der des Hohlspiegels enthalten ist.

Da nähere Gegenstände einen längern, weitere einen kürzern Focum haben, so müssen der kleine Planspiegel TV und das Ocular einander mehr genähert oder von einander mehr entfernt werden können.

Uebrigens sieht man leicht, warum man in diesem Telescop den Gegenstand verkehrt wahrnehmen müsse. *Newton* optice S. 90.

§. 645. Bequemer für irdische Gegenstände ist die zweyte Art, das **Gregorysche Spiegeltelescop** (tubus Gregoryanus), dem Dr. Hook besonders diese Einrichtung gegeben hat. Es ist nemlich, wie bey dem vorigen (§. 644.) ein Hohlspiegel in dem Rohre befestigt, der in der Mitte eine runde Oeffnung hat. Die von demselben convergirend zurückprallende Strahlen werden von einem viel kleinern Hohlspiegel, der in einer der Summe der Brennweiten beider Spiegel gleichen Entfernung in der Axe des Röhre befestigt ist, aufgefangen, und als parallele durch die Oeffnung des grössern Spiegels nach dem erstern Ocular zugeworfen, durch welches das umgekehrte Bild des Gegenstandes wieder aufrecht gebracht, und durch das zweyte Ocular in dieser Stellung gesehen wird. Dies Telescop hat also Aehnlichkeit mit dem dioptrischen Erdrohre (§. 683.).

In dem Rohre GHNI (Fig. 124.) sey der in der Mitte mit einer kreisrunden Oeffnung versehene Hohlspiegel DC befindlich. Er reflectirt die Strahlen OD, OC, die von einem obern Puncte des sehr entfernten Objects kommen, und die Strahlen BD, BC, die von des Objects unterstem Puncte kommen, dergestalt, daß das umgekehrte Bild ob des Objects OB hervorgebracht wird. In dem Rohre ist ein anderer kleiner Hohlspiegel TV. Ist dieser vom Bilde bo nicht so weit ent-

entfernt, als die Brennweite desselben beträgt, so werden die von bo ausgehenden divergirenden Strahlen von ihm als convergirend zurückgeworfen, und machen wiederum ein Bild in $\omega\beta$, das einerley Stellung mit dem Objecte hat. Die von $\omega\beta$ divergirend ausfahrenden Strahlen werden durch die Brechung in der converen Linse LM zu parallelen und durchkreuzen sich als solche in K, wo sie das Auge empfängt, und dadurch das Bild $\omega\beta$ deutlich sieht.

Wenn der kleine Hohlspiegel TV um seine Brennweite von bo absteht, so werden die davon zurückgeworfenen Strahlen zu parallelen, und durch die Brechung in der Linse LM zu convergirenden. Sie machen hier ein Bild des Gegenstandes, das mit ihm einerley Stellung hat. Treffen nun die divergirenden Strahlen dieses Bildes wieder auf eine zweyte erhabene Linse, die von der vorigen um die Summe der Brennweiten absteht, so werden sie dadurch zu parallelen, und das Auge sieht dadurch, wie beym Erdrohr, das Bild deutlich.

Iac. Gregorii optica promota. Lond. 1663. 4.

§. 646. Die dritte Art dieser catoptrico-dioptrischen Fernröhre ist das Cassegrainsche Spiegeltelescop, das dem Gregoryanischen (§. 645.) ganz ähnlich ist, nur daß die vom größern Spiegel convergirend reflectirten Strahlen statt eines Hohlspiegels von einem kleinen erhabenen Spiegel reflectirt werden, noch ehe sie in ihrem Brennpunct zusammenkommen, und zwischen beiden ein verkehrt liegendes Bild durch das convexe Ocularglas gesehen wird.

§. 647. Die Spiegeltelescope waren vorzüglich beliebt, ehe die achromatischen Fernröhre erfunden waren. Sie können weit kürzer seyn, als ein gemeines dioptrisches von gleicher Güte. Aber ihre Spiegel müssen auch mit außerordentlicher Genauigkeit gearbeitet werden, und laufen an der Luft leicht an und werden unscheinbar. Gläserne Spie-

gel

gel kann man wegen der doppelten Bilder, die sie machen, nicht gut dazu brauchen. Die Platina würde auch hier wieder die entschiedensten Vorzüge haben. Hr. Herschel hat die Spiegeltelescope zu einem ganz außerordentlichen Grade der Vollkommenheit gebracht, und er und Hr. Schröter haben dadurch Entdeckungen gemacht, die für die Astronomie Epoche seyn werden.

Nachrichten von dem großen Herschelschen Spiegeltelescope sehe man: in Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Phys. B. V. St. 1. S. 108.; Bodens astronom. Jahrb. 1790.; Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 148.

Fixirtes Licht.

§. 648. Bisher haben wir die Materie des Lichts in ihrem freyen Zustande als strahlende Flüssigkeit betrachtet; jetzt ist noch übrig, auf ihre Bindung und chemische Vereinigung mit andern Stoffen Rücksicht zu nehmen. Schon mehrere im Vorhergehenden angeführte Erfahrungssätze, besonders bey der Lehre von den Farben, berechtigen zu dem Schlusse, daß das freye und bewegte Licht von den Körpern gewissermaßen eingesogen und so aufgenommen werden könne, daß es alle seine Strahlung, und folglich alle seine Expansibilität verliert, und solchergestalt nicht mehr fähig ist, das Organ des Gesichtes zu rühren. Diese Behauptung wird dadurch, wie mich dünkt, außer allen Zweifel gesetzt, daß wir im Stande sind, unter gewissen Umständen aus unzähligen Körpern Licht zu entwickeln und hervorzubringen.

§. 649. Die Umstände, unter welchen das Licht aus Körpern entwickelt wird, die sonst an sich den Zustand der Helligkeit nicht hervorbringen, und in denen es also vorher gebunden und fixirt seyn muste, sind das Verbrennen der verbrennlichen Körper, die Electricität, und endlich das Erhitzen. Da alle Körper, die wir kennen, unter diesen Umständen mehr oder weniger Licht von sich geben, das wenigstens im Dunkeln, wo kein anderweitiges stärkeres Licht unser Gesicht afficirt, wahrzunehmen ist, so schließe ich, daß alle Körper mehr oder minder das Vermögen besitzen, das Licht zu fixiren, zu binden, und ihm die Expansivkraft zu rauben.

§. 650. Alles Leuchten irdischer Körper gehört zu einer der angeführten drey Arten. Da von dem Verbrennen und der Electricität in der Folge in eigenen Abschnitten gehandelt werden wird, so bemerke ich hier bloß, daß das Licht in Vereinigung mit der Materie der Wärme durch die Fixirung in den verbrennlichen Körpern den Brennstoff (Phlogiston) bildet; in der electrischen Materie aber mit einer noch unbekannten Substanz in Zusammensetzung getreten ist, und dadurch Modificationen erlitten hat, denen zu Folge es andere Gesetze bey seiner Ausbreitung befolgt. Solchergestalt wird das Licht das vorzüglichste Agens in der Natur, das durch seinen Beytritt die Verhältnisse anderer Grundstoffe mannigfaltig abändert, und das bey der Bildung und Zerstörung unzähliger Wesen bald frey, bald gebunden wird. Die Nothwendigkeit des Lichtes zum Gedeihen der Gewächse, die Verbrennlichkeit aller Körper und aller ihrer nähern Bestandtheile in diesem unermeßlichen Reiche der Natur; die Nothwendigkeit des Lich-

tes

tes zur Bildung der mehresten, wo nicht aller, luftförmigen Stoffe; der Uebergang der Kalke der edlen Metalle und des Quecksilbers im Glühefeuer zu regulinischen, d. i. Brennbarhaltigen, folglich Lichtführenden Metallen; die Verwandlung des weißen Silberkalks in luftleeren gläsernen Gefäßen, auch unter dem Wasser, in schwarzen und phlogistisirten Kalk durchs Sonnenlicht, und das Weißbleiben desselben im Dunkeln; die Veränderung der Farbe der Bestucheffschen Nerventinctur oder der eisenhaltigen Naphtha im Sonnenscheine und im Schatten; die Phlogistisirung der Salpetersäure im Sonnenlichte, und mehrere dergleichen Phänomene beweisen die Fähigkeit der Lichtmaterie, durch ihre Affinität mit anderer Materie den Zustand ihrer Strahlung zu verlieren, und zum chemischen Bestandtheil derselben zu werden. Ehedem zweifelte man weniger daran, daß das Licht von Körpern figirt werden könne, als jetzt, da Hr. Lavoisier den Brennstoff der verbrennlichen Körper aus der Reihe der Wesen zu verbannen bemüht gewesen ist, und die Quelle des Lichts beym Verbrennen nicht in die verbrennlichen Körper, sondern bloß und allein in die respirable Luft gesetzt hat. Es würde hieraus folgen, daß nur das vermeinte Oxygen, und zwar nur im gasförmigen Zustande, als Lebensluft, das Vermögen besäße, die Lichtmaterie zu verschlucken, und zu figiren; eine Folge, wodurch allein schon die Ungereimtheit des antiphlogistischen Systems sich offenbart.

Vergl. mit §. 467.

§. 651. Das Leuchten der Phosphoren, oder die Phosphorenz verschiedener Körper, ist bey den meh-

mehresten ein schwaches Verbrennen, bey andern Electricität. Selbst das Leuchten, das viele sonst unverbrennliche Körper, bey der durch Mittheilung oder durch Reiben hervorgebrachten Erhitzung, nach Hrn. Wedgwood zeigen, kann zu den Phänomenen des Verbrennens gerechnet, und von dem Brennstoff hergeleitet werden, den auch diese Körper, wiewohl in weit geringerer Menge, als die eigentlich brennbaren Substanzen, enthalten. Denn es ist noch nicht erwiesen, daß zur Entwickelung des Lichts aus Brennstoff die respirabele Luft absolut nothwendig sey. Bey der Erhitzung wird nun das den Körpern inhärirende und von ihm eingesogene Licht durch seine Affinität zum Wärmestoff wieder frey, expansiv, und strahlend, wodurch es dann wieder das Organ unseres Gesichts afficiren oder den Zustand der Helligkeit hervorbringen kann. Bey der ehemaligen Meinung, daß die Körper das Licht, was sie am Tage oder durchs Glühen eingesogen hätten, im Dunkeln wieder von sich gäben, schreibt man doch offenbar der Dunkelheit, die doch nur etwas Negatives ist, ein Vermögen oder eine Kraft zu, das gebundene Licht wieder von seinen Banden zu befreyen.

Ueber das Leuchten verschiedener Körper beym Erhitzen oder Aneinanderreiben, von Jos. Wedgwood; in Grens Journal der Phys. B. VII. S. 45.

§. 652. Zu den merkwürdigsten Phosphoren, deren Leuchten im Dunkeln entweder ein schwaches Verbrennen ist, oder auch durch die beym Reiben hervorgebrachte Erhitzung entwickelt wird, gehören:

1) Der Schwerspath, oder Bologneser Stein, nach Cascariolo's Erfindung, wenn er zwischen Kohlen geglühet worden ist.

S. mein Handbuch der Chemie, Th. I. §. 714.

2) Der Kunkelsche Phosphorus, in einer Temperatur unter 76° Fahrenh.

3) Hombergs Phosphorus, aus Salzsäure und Kalkerde.

S. m. Handb. der Chemie, Th. I. §. 965.

4) Balduins Phosphorus, aus Kreide und Salpetersäure.

S. m. Handb. der Chemie, Th. I. §. 849.

5) Cantons Phosphorus, aus Schwefel und Austerschaalen.

S. m. Handb. der Chemie, Th. I. §. 781.

6) Marggrafs Leuchtsteine aus Gyps.

S. mein Handbuch der Chemie, Th. I. §. 675. 714.

7) Der Flußspath, wenn er erwärmt worden ist, die phosphorescirende Blende, die frischbereiteten Zinkblumen, und endlich eine sehr große Anzahl anderer Körper, die Hr. Wedgwood versucht hat.

S. Wedgwood's vorher angeführte Abhandlung.

§. 653. Wenn die Expansivkraft des Lichtes durch die Fixirung desselben in den Körpern, vermöge der Cohärenz mit ihrer Materie, ruhend gemacht und gewissermaßen aufgehoben wird, so muß auch dadurch die oben (§. 343. 344.) angeführte Wirkung auf die Schwerkraft der mit dem Lichte verbundenen schweren Stoffe eintreten. Und in der That lehrt die Erfahrung, daß durch die Fixirung des Lichts zum Brennstoff in den Körpern ohne Ausnahme das Gewicht der Masse abnimmt, und nach der Ausschei-

dung

dung des Brennstoffs von ihnen das Gewicht dersel-ben zunimmt. Eben so folgt, daß auch durch die Fixirung des Lichts mit andern Materien die Eigen-schaften des neu entstandenen Products verändert werden und anders seyn müssen, als sie in den ein-zelnen Bestandtheilen waren; und so zeigt auch die Erfahrung auffallende und merkliche Veränderungen der Wirkungen und Natur der Stoffe, wenn das Licht darin zu Brennstoff fixirt worden ist.

Dritter Abschnitt.

Wärmematerie.

§. 654.

Wenn wir einen Theil unsers Körpers dem Feuer nähern, so bemerken wir eine Veränderung unsers Zustandes, oder wir haben die Empfindung, die ein jeder unter dem Namen der Wärme kennt, und die wir, wenn sie uns endlich beschwerlich und unange-nehm wird, Hitze nennen.

§. 655. Eben so entsteht auch diese Empfindung für unser Gefühl, wenn man auf guten ungelöschten Kalk Wasser gießt, und ihn löscht, oder Wasser oder Weingeist mit Vitriolöhl oder mit concentrirter Sal-petersäure vermischt u. d. gl. m.; wenn wir auch an diesen Körpern vor der Vermischung diese Wirkung auf unser Gefühl nicht wahrnahmen.

§. 656. Da eine jede Wirkung nach allen na-türlichen Begriffen allemal eine Ursach voraussetzt, die sie hervorbringt, so kann man auch mit dem

größ-

größten Rechte von der Hervorbringung der Wärme und Hitze für unser Gefühl auf eine materielle Ursach schließen, welche diese Empfindungen und Wirkungen hervorbringt. Ich nenne dies Wesen, das sich unserm gesunden Gefühle durch die Wirkung der Erwärmung und Erhitzung zu erkennen giebt, Wärmestoff, Wärmematerie, Hitzmaterie (materia caloris), um es so von der Empfindung der Wärme und Hitze selbst, davon es die materielle Ursach ist, zu unterscheiden.

§. 657. Ein Körper, der weniger freyen Wärmestoff enthält als der unsrige, erweckt in uns bey der Berührung eine Empfindung, die wir Kälte (frigus) nennen. Zur Erklärung derselben brauchen wir keine eigene kaltmachende Materie anzunehmen, deren Daseyn auch sonst durch nichts erwiesen werden kann. Kälte ist bloß Verminderung der freyen Wärme; ist nichts Positives, sondern etwas Negatives; und wir haben diese Empfindung allemal, so bald aus unserm Körper in die umgebenden und ihn berührenden Mittel und Körper freye Wärme überströmt.

§. 658. Außer dem eigentlichen Gefühle können wir dies Wesen keinem andern Sinne empfindbar machen, oder ihm darstellen. Da aber unsere bloße Empfindung viel zu ungewiß und veränderlich ist, so sieht man leicht, daß wir, um die Natur dieses Wesens ausfindig zu machen, auf die Erscheinungen und Wirkungen aufmerksam seyn müssen, die es in Verbindung mit andern gröbern und mehr sinnlichen Stoffen äußert.

§. 659. Wenn wir auf die Körper Acht geben, die wir in den Zustand bringen, daß sie in uns die

Empfindung der Erwärmung oder Erhitzung zuwege bringen, so finden wir, daß sie in einen größern Raum ausgedehnt werden, und diese Ausdehnung des Inbegriffs der Körper, sowohl der flüssigen als der festen, in der Wärme oder Hitze, (rarefactio) ist die erste Wirkung des Stoffes der Wärme, und ein allgemeines Gesetz.

Bestätigung durch Versuche: Eine mit Luft zum Theil gefüllte schlaffe Blase schwellt über einem Kohlfeuer auf; hohle Glaskugeln, die im kalten Brandwein schwimmen, sinken im erwärmten; Weingeist, Quecksilber, steigt in gläsernen Röhren höher, wenn diese erwärmt werden; Wachskugeln sinken im heißen Wasser unter, da sie im kalten Wasser schwimmen; eine eiserne Stange geht nach dem Glühendwerden nicht mehr durch einen Ring, durch den sie in der Kälte geht; ein Eisendrath verlängert sich beym Glühendwerden.

Scheinbare Ausnahmen von diesem Gesetze machen Eis, Eisen, Wismuth, Spießglas, Schwefel, wenn sie schmelzen; aber nur scheinbare Ausnahmen.

§. 660. Ehe wir weiter gehen, um die Natur des Wärmestoffs aus den von ihm abhängenden Erscheinungen zu bestimmen, und die Modificationen, die er von andern Materien erleidet, oder in ihnen hervorbringt, zu untersuchen, ist es nöthig, die Werkzeuge näher zu kennen, die durch Vermehrung oder Verminderung des Voluminis gewisser Substanzen als Maaßstab zur Bestimmung der Abnahme oder Zunahme der Quantität der freyen Wärmetheilchen in verschiedenen Umständen der Körper, dienen.

Thermometer.

§. 661. Ein Werkzeug, welches uns Aenderungen der Wärme bemerklich macht, und uns versichert, daß ein gewisser Grad der Wärme, dem das Werkzeug

zeug jetzt ausgesetzt ist, derselbige sey, oder nicht sey, dem es ein andermal ausgesetzt war, heißt ein **Thermometer, Thermoskop,** oder **Wärmemesser.**

§. 662. Den Maaßstab zur Bestimmung der Aenderung der Wärme giebt bey den Thermometern die Aenderung des Voluminis der Substanzen, nemlich die Vermehrung oder Verminderung desselben bey der Zunahme oder Abnahme der freyen Wärmetheilchen. Man wählt dazu solche Stoffe, die von den Veränderungen des Wärmezustandes leicht afficirt und bemerkbar genug durch geringe Zunahmen der Wärme ausgedehnt werden; dergleichen sind tropfbare und elastisch flüssige Körper. Um die Aenderungen des Voluminis desto besser bemerkbar zu machen, schließt man dergleichen Flüssigkeiten in enge gläserne Röhren mit Kugeln ein, damit man durch den Stand in der Röhre die Aenderungen des Volums, die auf die Aenderungen der Wärme schließen lassen, wahrnehmen können.

§. 663. Die gewöhnlichsten Flüssigkeiten, deren man sich zum Füllen der Thermometer bedient, oder eigentlicher, durch deren Ausdehnung und Zusammenziehung man auf die verhältnißmäßige Zunahme und Abnahme der Wärme schließt, sind **Luft, Weingeist,** und **Quecksilber.** Die Thermometer erhalten danach den Namen der **Luftthermometer, Weingeistthermometer, Quecksilberthermometer.** Die Luftthermometer sind die empfindlichsten, und die Luft wird durch gleiche Quantitäten der freyen Wärme stärker expandirt, als ein gleiches Volum einer tropfbaren Flüssigkeit; es treten aber doch dabey auch andere Umstände ein, welche verursachen, daß die Luft kein so gutes Mit-

tel zu Thermometern wird, als das Quecksilber. Dies hat entschiedene Vorzüge vor andern tropfbaren Flüssigkeiten dadurch, daß, wie die Erfahrung lehrt, seine Ausdehnungen und Zusammenziehungen sehr nahe den Zunahmen oder Abnahmen der Quantität der freyen Wärmetheilchen proportional sind; daß es leicht von einer gleichförmigen Reinigkeit erhalten werden kann; daß es gegen Aenderungen der Wärme sehr empfindlich ist; daß es starke Grade der Hitze verträgt, ehe es kocht, und eine beträchtlich große Verminderung der Wärme dazu gehört, ehe es gefriert. Diese Eigenschaften hat der Weingeist nicht alle; denn, wenn er gleich noch später gefriert, als Quecksilber, und sich noch stärker ausdehnt, so kocht er doch weit früher, als Wasser, und verwandelt sich leicht in Dunst. Sobald sich aber tropfbare Flüssigkeiten durch Hitze in Dämpfe, oder durch Gefrieren in feste Substanzen verwandeln, so messen sie ganz andere Grade der Ausdehnung, als vorher, und die vorige Scale dient dann keinesweges mehr für dieselben.

De Luc oben (S. 17. n. 8.) angef. Werk §. 410. a. u. ff. §. 422. a. ff. Luz vollständige Anweisung, die Thermometer zu verfertigen, Nürnb. 1781. gr. 8. Ebendesselben vollständige Beschreibung von allen Barometern, nebst einem Anhang, seine Thermometer betreffend, Nürnberg und Leipz. 1784. gr. 8.

§. 664. Alle unsere Thermometer zeigen indessen keinesweges die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffs an, sondern nur, ob die Quantität grösser oder geringer sey, als zu einer andern Zeit der Beobachtung. Dem ungeachtet ist das Thermometer, so wie es ist, doch ein überaus wichtiges Werkzeug für den Naturforscher.

§. 665. Cornelius Drebbel von Alkmar in Nordholland wird gewöhnlich für den Erfinder des Thermometers, beym Anfange des vorigen Jahrhunderts, angegeben. Sein Thermometer war ein Luftthermometer, und bestand aus einer gläsernen Röhre, die oben mit einer Kugel geschlossen, bis zu einer gewissen Höhe mit einer gefärbten Flüssigkeit gefüllt, und mit ihrer untern Oeffnung in ein Behältniß, das eben diese Flüssigkeit enthielt, gesteckt war. Die Luft trieb nun bey ihrer Ausdehnung durch Wärme die Flüssigkeit in der Röhre herunter, oder diese stieg hinauf, wenn sich die Luft durch Kälte zusammenzog. Um das Werkzeug tragbarer zu machen, kann die Röhre Afg (Fig. 125.) unten bey g wieder gekrümmt werden, und in die offene Kugel G auslaufen. Gesetzt, die Flüssigkeit stehe in der Röhre bis f, und in der Kugel zur Seite bis G, so wird die Luft zwischen f bis A durch die Ausdehnung bey der Erwärmung die Flüssigkeit herabdrücken; bey der Verminderung der Wärme wird die Luft zwischen f und A sich zusammenziehen, und der Druck der Atmosphäre auf die Fläche der Flüssigkeit in G diese hinauftreiben. Oder es kann noch bequemer die oben bey g offene Glasröhre (Fig. 126.), die unten in die Höhe gekrümmt, und hier mit einer Kugel A geschlossen ist, mit der gefärbten Flüssigkeit so gefüllt werden, daß ein Theil der Kugel A noch Luft enthält. Durch die Zunahme der Wärme wird die Luft in der Kugel A sich ausdehnen, und die Flüssigkeit über f in die Höhe treiben; durch die Verminderung der Wärme wird die Luft in A sich zusammenziehen, und die Flüssigkeit wird von f herabgedrückt werden. Dies Drebbelische Luftthermome-

ter

ter hat aber den beträchtlichen Fehler, daß die äußere Luft zugleich darauf wirkt, und daß nach Verschiedenheit des Druckes derselbigen die Flüssigkeit in der Röhre verschiedentlich hoch stehen kann, bey einerley Grad der Wärme. Wegen der großen Empfindlichkeit ist diese Einrichtung indessen doch immer sehr vortheilhaft zu nutzen, um momentane und schnell vorübergehende Aenderungen der Wärme dadurch zu erforschen.

Von Amontons und Bernoullis Luftthermometer wird in der Folge bey der Luft gehandelt werden.

In welcher Schrift handelt Drebbel von diesem Thermometer?

§. 666. Die Florentiner Akademie gab ein anderes Thermometer an, das in einer oben verschlossenen gläsernen Röhre mit einer unten befindlichen Kugel besteht, worin gefärbter Weingeist eingeschlossen ist. Man bemerkte an der Röhre einen Punct, wobey die Flüssigkeit in einer gemäßigten Temperatur stehet, z. B. in einem tiefen Keller, und brachte nun an der Röhre über und unter diesem Puncte eine willkührliche Eintheilung in Grade an, so daß man jenen Punct mit 0 bezeichnete, und die Grade des Thermometers auf- und abwärts zählte. Da aber bey diesem Florentinischen Thermometer jener Punct nicht mit Sicherheit bestimmt werden, und die Grade über und unter demselben nur willkührlich aufgetragen werden können, so sieht man leicht die Unbrauchbarkeit desselben, um bestimmte Grade der Wärme und Kälte darnach zu messen, und die Untauglichkeit der Methode, um darnach vergleichbare Thermometer zu machen.

Tentamina experimentorum naturalium captorum in acad. del Cimento, edit. a *Muschenbroek*, S. 2. ff.

§. 667. Fahrenheit machte sich daher um die Verbesserung der Thermometer dadurch sehr verdient, daß er zwey ziemlich feste Puncte daran bestimmte und den Abstand derselben von einander in eine bestimmte Anzahl Theile oder Grade eintheilte; so wie auch dadurch, daß er sich, nach Halley's Rathe, nachher des Quecksilbers zum Füllen der Theometerröhren bediente. Die Entfernung zweyer solcher festen Puncte an dem Thermometer nennt man den **Fundamentalabstand**. Fahrenheit nahm zum **untern Puncte** die Temperatur, welche ein Gemisch aus gleichen Theilen Schnee und Salmiak hat, oder den **künstlichen Frostpunct** (punctum congelationis artificialis), und zum **obern Puncte** die Hitze des siedenden Wassers, den **Siedepunct**. Er setzte bey jenem 0, und theilte diesen Funtamentalabstand in 212 gleiche Theile, so daß also diese Zahl für den Grad des kochenden Wassers war. Auch unter 0 trug er noch eben so große Grade, als oberhalb waren. Für die Hitze des kochenden Quecksilbers kommen 600 seiner Grade. Gewöhnlich macht man aber die Scale dieser Thermometer nur bis an den Siedepunct des Wassers.

Herm. Boerhave elementa chemiae. Lipf. 1732. 8. T. I. S. 146. ff.

§. 668. Herr von **Reaumur** nahm nachher zum untern Puncte an der Scale des Thermometers den bequemern **natürlichen Frostpunct** (punctum regelationis), oder die Temperatur des schmelzenden Schnees und Eises an; füllte das Thermometer mit Weingeist, der, um die Hitze des kochenden Wassers auszuhalten, mit Wasser verdünnt war, und theilte den

den Fundamentalabstand von jenem Puncte bis zum Siedepuncte in 80 gleiche Theile, (weil er gefunden hatte, daß sein Weingeist sich um 0,080 seines Voluminis, das er beym natürlichen Frostpuncte hatte, ausdehnte); und setzte also 0 bey diesem Frostpuncte, 80 beym Siedepuncte. Unter 0 wurden ebenfalls so große Grade an der Scale aufgetragen, als nach oben zu. Der natürliche Frostpunct, oder das Reaumurische 0, ist bey Fahrenheit 32 Grad.

Regle pour construire des thermometres, dont les degrés soient comparables, in den *Mémoires de l' acad. royale des sc.* 1730. S. 452. ff. Second mémoire; ebendas. 1731. S. 250. ff.

§. 669. Man hat nachher Reaumurs Scale auch für die Quecksilberthermometer angewendet. Sie trifft aber nicht mit der Graduirung des wahren Reaumurischen Thermometers überein, und dieses zeigt daher mit einem Quecksilberthermometer, das die Reaumurische Scale hat, in einerley Wärme nicht einerley Grade; und wenn man sich der Reaumurischen Scale bedient, so müßte man auch immer bestimmen, ob man bey derselben ein Quecksilber- oder ein Weingeistthermometer gebraucht habe.

De Luc a. a. O. §. 440. a. ff.

§. 670. Man hat nachher noch mehrere Eintheilungen des Fundamentalabstandes oder Scalen eingeführt; aber wirklich ohne Noth die Thermometersprache dadurch unbequemer gemacht. De Lisle setzte beym Siedepuncte des Wassers 0, und beym natürlichen Gefrierpuncte 150, weil das Volumen des Quecksilbers in der Temperatur des letztern um 0,0150 geringer sey, als in der des erstern. Celsius hin-

hingegen theilte den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpuncte bis zum Siedepuncte in 100 gleiche Theile, und setzte bey jenem 0, bey diesem 100. Diese Scale heißt auch die schwedische.

§. 671. Die Hauptsache bey der Graduirung der Scale der Thermometer ist die Bestimmung zweyer, hinlänglich unterschiedener, unveränderlicher Puncte, oder des Fundamentalabstandes, die, wenn sie immer wieder gefunden werden können und ihr Abstand hernach in gleich große Theile eingetheilt wird, uns in den Stand setzen, harmonirende Thermometer zu machen. Man ist jetzt allgemein übereingekommen, die Temperatur des schmelzenden Schnees oder den natürlichen Gefrierpunct, und die Temperatur des siedenden Wassers für die beiden festen Puncte der Thermometerscale anzunehmen, deren Abstand man in 180 Theile, wenn man Fahrenheits Scale, oder in 80 Theile, wenn man Reaumürs Scale, oder in 100 Theile theilt, wenn man Celsius Scale haben will. Um Delisle's Scale zu erhalten, theilt man diesen Fundamentalabstand in 150 Theile, und zählt von oben herab. Dies gilt alles nur vom Quecksilberthermometer.

Die Fahrenheitische, Reaumurische und Celsiussische Scalen lassen sich leicht unter einander vergleichen, wenn man weiß, daß 180 F. 80 R. und 100 C. Grade einander gleich sind, nur muß es bey der Reaumurischen Scale dann ein Quecksilberthermometer seyn. Es sind demnach 18° F. = 8° R. = 10° C.; 9° F. = 4° R. 5° C.; und also:

1 Gr. R. = $2\frac{1}{4}$ F. = $1\frac{1}{4}$ C.
1 Gr. F. = $\frac{4}{9}$ R. = $\frac{5}{9}$ C.
1 Gr. C. = $1\frac{4}{5}$ F. = $\frac{4}{5}$ R.

Wenn man aber Reaumurische und Celsiussische Grade auf Fahrenheitische, oder umgekehrt diese auf jene, reduciren will, so muß man nicht vergessen, daß Fahrenheit noch 32 seiner Grade unter dem Reaumurischen oder

oder Celsiussischen 0 zählt. Um Delislische Grade in Fahrenheitische zu verwandeln, zieht man die gegebene Anzahl von 150 ab, weil Delisle von oben herunter zählt, multiplicirt den Rest mit 6, dividirt das Product durch 5, (weil 180° F. mit 150 des Delisle, oder 6 mit 5 übereinkommen); zu dem Quotienten addirt man noch 32, weil Fahrenheit diese noch unter dem natürlichen Frostpuncte hat. Um Delislische Grade in Reaumurische zu verwandeln, so zieht man die gegebene Anzahl Grade von 150 ab, multiplicirt den Rest mit 8, und dividirt das Product durch 15, weil 80° R. mit 150° Delisli oder 8 mit 15 übereinkommen; und um die Delislischen Grade auf Celsiussische zu bringen, so verfährt man eben so, multiplicirt den Rest mit 2, und dividirt das Product durch 3, weil 100° C. mit 150° Delisl. oder 2 mit 3 übereinkommen.

Umgekehrt, um Fahrenheitische, Reaumurische oder Celsiussische Grade in Delislische zu verwandeln, so zieht man die gegebene Anzahl der erstern von 212, der andern von 80, der dritten von 150 ab; multiplicirt den Rest der erstern mit 5, der andern mit 15, der dritten mit 3; und dividirt das Product der erstern mit 6, der andern mit 8, der dritten mit 2, so giebt der Quotient die Delislischen Grade an.

Allgemeine Formeln zur Vergleichung der Thermometergrade verschiedener Scalen, hat Hr. Hindenburg gegeben. (*Car. Fried. Hindenburg* Pr. formulae comparandis gradibus thermometricis idoneae. Lips. 1791. 4.).

Bequem sind die Vergleichungsthermometer (Thermometres de comparaison), wo man die angeführten verschiedenen Scalen zugleich aufträgt.

Van Swinden Diss. sur la comparaison des thermomètres. Amsterd. 1778. 8.

§. 672. Da die Hitze des kochenden Wassers nur bey einerley Druck der Atmosphäre unveränderlich ist, und das Wasser bey größerm Druck der Atmosphäre eine größere, bey geringerm eine geringere Hitze zum Sieden erfordert, so sieht man leicht, daß der Siedepunct nicht unveränderlich ist. Daher ist es zur genauen Bestimmung des Fundamentalabstandes nöthig, den Siedepunct entweder nur bey einer bestimmten Normal-Barometerhöhe zu suchen,

chen, oder ihn bey einer andern Barometerhöhe darnach zu berichtigen. Die von der königlichen Societät zu London zur Berichtigung dieses Gegenstandes niedergesetzten Commissarien, Cavendish, de Luc, Maskelyne und Horsley rathen an, den Siedepunct am Thermometer entweder bloß im Dampfe des siedenden Wassers zu bestimmen, das in einem verschlossenen Gefäße kocht, in welchem die Dämpfe sich selbst den Ausgang verschaffen können, doch so daß das siedende Wasser selbst die Thermometerkugel nicht berührt; oder die Kugel des Thermometers in das kochende Wasser selbst zwey bis drey Zoll tief einzusenken. Zur Normalhöhe des Barometers bestimmen sie für die erstere Methode 29,8 engl. Zoll, die 27 Z. 11,538 L. = 335,538 Lin. paris. gleich sind; für die zweyte aber 29,5 engl. Zoll, die mit 27 Z. 8,16 L. oder 332,16 Linien paris. übereinkommen. Da nun genaue Versuche lehren, daß eine Aenderung des Barometerstandes von $29\frac{1}{2}$ bis $30\frac{1}{2}$ Zoll engl. (332,16 L. bis 343,42 L. paris.) eine Aenderung des Siedepunctes von 80,54 Gr. auf 81,25 Gr. Reaum. machte, oder, daß um Einen Zoll (engl.) Zunahme des Barometerstandes der Siedepunct um 0,71 Gr. Reaum. = 1,59 Gr. Fahrenh. höher zu liegen kömmt; da folglich jede Aenderung des Barometerstandes um 0,114 Z. engl. = 1,283 Linien paris. eine Aenderung des Siedepunctes von 0,114 . 1,59 = 0,181 Gr. Fahrenh. d. i. eine Aenderung um $\frac{1}{1000}$ des ganzen Abstandes zwischen dem Siedepuncte und natürlichen Gefrierpuncte zuwege bringt; so hat man daraus folgende Regel zur Berichtigung des Siedepunctes festgesetzt. Man beobachte zu der Zeit, da man den Siedepunct am Thermometer bestimmt, die Baro-

me-

meterhöhe, und wenn sie um n . 0,114 Z. engl. (oder n . 1,28 Linien paris.) höher oder niedriger ist, als die Normalhöhe des Barometers seyn muß, so muß man den gefundenen Siedepunct um $\frac{n}{1000}$ seines Abstandes vom Gefrierpuncte tiefer herab, oder höher hinauf setzen. — Das Wasser, worin man den Siedepunct bestimmt, muß reines destillirtes oder Regenwasser seyn, indem Salztheile sonst den Siedepunct erhöhen können.

Bericht einer von der königl. Soc. der Wissensch. zu London niedergesetzten Commission, über die beste Methode, die festen Puncte des Thermometers zu bestimmen, a. d. *Philos. Transact. Vol. LXVII. P. II. n.* 37. übers. in den Samml. zur Phys. und Naturgesch. B. I. S. 643. ff. Luz vollständige Beschr. von Barometern, Anh. S. 32. Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 336. ff.

§. 673. Zur Bestimmung des untern Punctes am Fundamentalabstande wählt man die Temperatur des zergehenden reinen Schnees oder reinen Eises, worin man das Thermometer senkt, und hinlänglische Zeit stehen läßt. Diese Methode ist sicherer, als wenn man das Thermometer in eben gefrierendes Wasser setzt. Der künstliche Frostpunct aus Schnee und Salmiak ist sehr unzuverlässig.

De Luc a. a. O. Th. I. §. 438. c. Luz Anweis. Thermometer zu verfertigen §. 122 — 129.

§. 674. Thermometer, welche mit der nöthigen Genauigkeit verfertiget, und mit einerley Flüssigkeit gefüllt sind, harmoniren mit einander, oder zeigen bey gleichen Aenderungen der Wärme oder Kälte einerley Grade an. Wenn man aber auch noch so genau bey ihrer Verfertigung verfährt, so blei-

bleiben sie doch noch einigen kleinen, schwerlich abzuhelfenden, Mängeln ausgesetzt, die besonders darin bestehen, daß die Wärme oder Kälte nicht allein die Flüssigkeit des Thermometers ausdehnt oder zusammenzieht, sondern daß auch das Glas der Kugel und Röhre so wie die Scale selbst diese Veränderungen erleidet.

Noch ist hier zu bemerken, daß die Röhre gehörig calibrirt, und von einem hinlänglich kleinen Durchmesser des Inwendigen der Röhre (bey den Quecksilberthermometern höchstens ¼ Linie) und einer schicklichen Länge sey, das Quecksilber gehörig von Luft gereiniget, und überhaupt in der möglichsten Reinigkeit angewendet werde.

Thermometer mit kleinern Kugeln sind empfindlicher, als die mit größern; noch empfindlicher sind cylindrische Thermometer. Die Kugel des Thermometers muß zu genauen Beobachtungen das Brett nicht berühren.

Zu den Schriften über die Verfertigung der Thermometer gehört noch außer den oben (§. 663.) angeführten: Strohmeyers Anleitung übereinstimmende Thermometer zu verfertigen. Götting. 1775. gr. 8.

§. 675. Folgendes ist ein Verzeichniß einiger merkwürdigen Temperaturen:

(Das Zeichen — bedeutet den Stand des Quecksilbers unter 0; das + aber über 0.)

	F.	R.	C.	Del.
Quecksilber gefriert	— 40	— 32	— 40	210
Eis und rauchender Salpetergeist	— 24¼	— 25	— 31¼	196⅞
Schnee und Salmiak	0	— 14 2/9	— 17 7/9	176⅔
Weinessig gefriert	+ 28	— 1 7/9	— 2 2/9	153⅓
Reines Wasser gefriert, schmelzender Schnee	+ 32	0	0	150
Gemäßigte Wärme der Luft	+ 64	+ 14 2/9	+ 17 7/9	124
Menschl. Blutwärme	+ 96	+ 28 1/9	+ 35 5/9	96⅔
Schmelzendes Wachs	+ 140	+ 48	+ 60	60

Sie-

	F.	R.	C.	Del.
Siedender Alcohol	+ 174	+ $63\frac{1}{9}$	+ $78\frac{8}{9}$	$31\frac{2}{3}$
Siedendes Wasser	+ 212	+ 80	+ 100	0
Schwefel fängt an zu schmelzen	+ 234	+ $89\frac{7}{9}$	+ $112\frac{2}{9}$	
Reines Zinn schmelzt	+ 420	+ $172\frac{4}{9}$	+ $215\frac{5}{9}$	
Wismuth schmelzt	+ 460	+ $190\frac{2}{9}$	+ $237\frac{7}{9}$	
Bley schmelzt	+ 540	+ $225\frac{7}{9}$	+ $282\frac{2}{9}$	
Quecksilber siedet	+ 600	+ $254\frac{4}{9}$	+ $315\frac{5}{9}$	

§. 676. Größere Grade der Hitze, die über den Siedepunct des Quecksilbers gehen, und die wir folglich nicht mehr durch unsere damit gefüllte Thermometer messen können, weil das Quecksilber dann seinen Aggregatzustand der tropfbaren Flüssigkeit ändert, und in Dampf verwandelt wird, hat man durch **Pyrometer** zu messen gesucht, die aber jetzt noch sehr unvollkommene und unzulängliche Werkzeuge sind, eine gleichförmige Zunahme und Abnahme der Hitze anzuzeigen. Es gehören hierher:

1) Mortimers Metallthermometer.

A discourse concerning the usefulness of thermometers in chemical experiments — with de description and uses of a metalline thermometer, newly invented by *Cromw. Mortimer*; in den *philos. Transact. Vol. XLIV.* 1735. *n.* 484. *Append.* S. 672. Gehlers phys. Wörterb. Th. IV. S. 359.

2) Des Grafen von Lösers Metallthermometer.

Thermometri metallici ab inventione Comitis *Loeseri* descriptio, auct. *Io. Dav. Titio.* Lips. 1765. 4. Eberhards Naturlehre §. 364.

3) Zeihers Metallthermometer.

Thermometri metallici descriptio, auct. *Io. Ern. Zeiher*; in den *nov. comment. petrop. T. IX.* S. 305. ff.

4) Wed-

4) Wedgewoods Pyrometer. Dies macht allen andern den Vorzug streitig. Es gründet sich auf die Eigenschaft der Thonerde, sich im Feuer zusammen zu ziehen.

Philosophic. Transact. Vol. LXXII.

Freye oder strahlende Wärmematerie.

§. 677. Freye Wärmematerie nenne ich diejenige, die sich in dem Zustande der Bewegung befindet. Da sie nur in diesem Zustande die Empfindung der Hitze oder Wärme auf uns hervorbringt, so nennt man sie auch fühlbare Wärmematerie (materia caloris sensibilis); und weil sie nur in diesem Zustande das Thermometer afficirt, thermometrische Wärmematerie. Alle in der Folge beyzubringende Phänomene, die durch die freye Wärmematerie veranlaßt werden, lassen sich nicht genugthuend erklären, wenn man nicht annimmt, daß sie eine discrete elastische Flüssigkeit ist, deren Theilchen von einander durch große Zwischenräume in Beziehung auf ihren Durchmesser von einander abgesöndert sind. Ihre Elasticität ist Folge der Expansivkraft, und der dadurch bewirkten Bewegung ihrer Theilchen (§. 340.). Selbst die Empfindung der Wärme oder der Hitze für unser Gefühl ist Folge dieser expansiven Kraft der Wärmetheilchen, und des dadurch bewirkten Reizes auf unsere Nerven.

§. 678. Die freyen Wärmetheilchen werden von der Expansivkraft ursprünglich afficirt, ohne zugleich der Schwerkraft unterworfen zu seyn. Es ist also der Wärmestoff eine imponderabele Flüssigkeit. Hieraus folgt, daß die freye Wärmematerie eine strah-

lende Flüssigkeit seyn müsse, deren Theilchen von dem Orte aus, wo sie frey werden, im leeren Mittel sich ungehindert nach allen Richtungen geradlinigt verbreiten, wie die Radii einer Kugel vom Centrum nach der Peripherie zu, und daß sie da, wo sie in ihrem Fortgang aufgehalten, und sonst nicht in ihrer Expansivkraft ruhend gemacht werden, unter eben dem Winkel zurückstrahlen, unter dem sie afficiren. Der Wärmestoff ist also hierin dem Lichte ähnlich, und den völlig freyen Wärmestoff können wir daher auch **strahlende Wärmematerie** (calor radians) nennen. Die geradlinigte Strahlung der Wärmetheilchen läßt sich durch die Reflexion derselben (auch wenn sie ohne alles Licht, und bloß so genannte dunkele Wärme sind,) von Hohlspiegeln, und dann durch die sogenannte Zurückstrahlung der Kälte vermittelst dieser Hohlspiegel entscheidend beweisen, wie die Versuche des Hrn. Pictets lehren. Diese geradlinigte Strahlung würde aber mit der Schwere der Theilchen gar nicht zusammen bestehen können. Da die Zurückstrahlung der Wärmetheilchen nach eben den Gesetzen, als das Licht, erfolgen, so widerlegt dies auch zu gleicher Zeit diejenigen, welche den Ausfluß derselben als einen contiguirlichen Strom, oder als eine zusammenhängende Flüssigkeit ansehen.

Erfahrung. 1) Zwey Hohlspiegel, die sich ganz gleich sind, werden gegen einander über in einer Entfernung gestellt, die die Summe ihrer Brennweiten übertrifft. In den Brenupunct des einen stellt man eine heiße, nicht glühende, Kugel, oder eine mit heißem Wasser gefüllte kleine Phiole, in den Brennpunct des andern ein empfindliches Thermometer. Das letztere steigt hier merklich über die Temperatur des umgebenden Mediums; außer dem Brennpuncte nicht merklich.

2) Der Apparat der Hohlspiegel stehe an einem Orte, dessen Temperatur verschiedene Grade über dem Gefrier-

frierpunct ist. In dem Brennpuncte des einen Spiegels stehe ein empfindliches Thermometer, in dem des andern ein Stück Eis. Das Thermometer sinkt, so wie es in den Brennpunct gestellt wird, bleibt aber unveränderlich außer dem Brennpuncte.

Lamberts Pyrometrie, oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. 4. S. 201. ff. Saussure Reisen durch die Alpen. Th. IV. Leipz. 1788. 8. §. 925. Mark. Aug. Pictets Versuch über das Feuer. a. d. Franz. Tübingen 1790. 8. Kap. III. Ueber das Gleichgewicht des Feuers und die scheinbare Reflexion der Kälte, von Hrn. Prevost; in Grens Journal d. Phys. B. VI. S. 325. ff.

Aus Versuchen des Hr. Pictets scheint zwar zu folgen, daß die Wärmetheilchen ein vorzügliches Bestreben haben, sich nach oben zu auszubreiten (tendance antigrave); indessen ist dieser Schluß doch noch gegründeten Einwürfen ausgesetzt.

Pictet a. a. O. S. 36. ff. Zehnter Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie über die Geschichte der Erde; in Grens Journ. d. Phys. B. V. S. 439. §. 30. ff.

§. 679. Es folgt aus der geradlinigten Strahlung der Wärmetheilchen, daß die Stärke dieses Ausflusses aus einem Puncte, oder die Quantität der Wärmetheilchen, die davon zu einer gegebenen Fläche gehen, im umgekehrten Verhältniß der Quadrate Entfernungen abnehme. Erfahrungen hierüber hat **Lambert** angestellt.

Lamberts Pyrometrie S. 197. ff.

Das Gesetz kann in der Luft nur bey Entfernungen stattfinden, die in einerley horizontaler Ebene liegen.

Pictet a. a. O. §. 31.

§. 680. Die Beschleunigung der Expansivkraft, die die Theilchen des Wärmestoffs in Bewegung setzt, ist, wie bey ihrer Wirkung auf den Lichtstoff, so groß, daß die Bewegung der freyen Wärmetheilchen für Versetzungen aus einem Orte in den andern bey unsern Versuchen auf der Erde instantan zu seyn

 scheint.

scheint. Für sehr große Räume würde die Geschwindigkeit allerdings meßbar seyn. Uebrigens ist hier nur vom völlig freyen Wärmestoff die Rede; denn die anderen Materien adhärirenden Wärmetheilchen pflanzen sich, wegen ihrer durch die Cohärenz geschwächten Expansivkraft, mehr oder minder langsam fort.

Pictets Vers. §. 64 — 67.

§. 681. Die Intensität der Hitze oder Wärme hängt von der Quantität der freyen Wärmetheilchen in einerley Raume, oder ihrer Dichtigkeit ab. Die durch ihre Wirkung aufs Thermometer bestimmten Intensitäten der Hitze nennen wir auch die **Temperaturen** (temperies) der Körper.

§. 682. Wenn man einem Körper, dessen Temperatur über die des umgebenden Mediums und des darin befindlichen Thermometers merklich erhöhet ist, ein empfindliches Thermometer nähert, auf welcher Seite man will, so zeigt das Thermometer eine höhere Temperatur. Diese erhöhete Temperatur bleibt aber nicht beständig, sondern sie kömmt nachher allmählich wieder zu der Temperatur des umgebenden Mediums zurück. Dies folgt aus der Strahlung des Wärmestoffs. Jeder erhitzte Körper (wenn er nicht einer daurenden Quelle neuer Wärme ausgesetzt ist) verliert so nach und nach seinen Ueberschuß der Temperatur über die umgebenden, und es ist kein Körper der Erde bekannt, der vermögend wäre, die höhere Temperatur zurückzuhalten. Es giebt also für den Wärmestoff keine undurchdringliche Hülle.

§. 683. Wenn ein Körper eine höhere Temperatur hat, als ein anderer, der mit ihm zusammen-

gebracht wird, so pflanzt sich die Wärme aus jenem in diesem fort, und der kältere entzieht den Ueberschuß der Wärme dem wärmern. Der eine verliert also, und der andere überkömmt, und dies dauert so lange, bis das Thermometer in beiden eine gleichförmige Temperatur anzeigt.

§. 684. Da aus einem warmen oder erhitzten Körper nur in so fern Wärme weggeführt wird, in so fern die umgebenden Körper weniger warm sind, so sagt man, daß die Wärme eines Körpers, oder eines umgebenden Mittels, allemal einem gleich grossen Grade von Wärme in dem andern Körper das Gleichgewicht halte.

§. 685. Bey diesem Gleichgewicht des Wärmestoffs in Körpern von einerley Temperatur muß man aber nicht die Vorstellung haben, daß derselbe durch sich selbst zurückzuhalten sey, oder daß er sich durch den Gegendruck des eben so elastischen Wärmestoffs in einer gleichförmigen Spannung oder Dehnung befinde, wie etwa zwey mit Federkraft begabte Stahlfedern oder Polster im Gleichgewicht sind. Diese Idee streitet schlechterdings mit der Natur des Wärmestoffs, der, als eine discrete Flüssigkeit, so wenig sich selbst zurückhalten kann, als zwey Ausflüsse von Licht sich wechselseitig hemmen können.

Die Vorstellung von Spannungen, und darauf gegründeten absoluten und specifischen Elasticitäten des Wärmestoffs, legt Hr. Mayer in seiner sonst sehr schätzbaren Abhandlung zum Grunde: Ueber die Gesetze und Modificationen des Wärmestoffs, von Joh. Tob. Mayer. Erlangen 1791. 8.

§. 686. Das Gleichgewicht der Wärme besteht vielmehr in der Gleichheit der durch die Strahlung

des freyen Wärmestoffs hervorgebrachten Wechsel. Wenn sich nemlich zwey benachbarte Körper wechselseitig eine gleiche Anzahl Wärmetheilchen in einer gegebenen Zeit zuschicken, oder mit andern Worten, wenn in einerley Zeit in den einen Körper so viel freye Wärmetheilchen aus dem andern strömen, als von ihm zu demselben treten; so ändert sich natürlicherweise die Temperatur nicht, da die Quantität der freyen Wärmetheilchen in den Körpern gleich bleibt, und von derselben die Temperatur abhängt. Gesetzt aber, es verlöre in dem einen Körper die Wärmematerie ihre Strahlung, so würde ihm von dem andern Körper mehr davon zuströmen, als er jenem wieder zusendet, und so würde die Temperatur in jenem abnehmen, und dies würde so lange dauren, bis die Wechsel ihrer strahlenden Wärmetheilchen wieder gleich wären.

' *Prevost* recherches sur la chaleur Ch. I. Ebenders. vom Gleichgewicht des Feuers §. 1.

§. 687. Wenn also ein Körper in einerley Zeit eben so viel freye Wärmetheilchen ausstrahlt, als er empfängt, und umgekehrt, so ist seine Temperatur daurend. Wenn er mehr empfängt, als er ausströmt, ohne diese empfangene Wärmetheilchen zu binden, oder in ihrer Expansivkraft zu ändern, so wird seine Temperatur zunehmen, d. h. er wird erhitzt werden. Wenn er hingegen mehr aussendet, als er empfängt, so wird seine Temperatur vermindert werden, d. h. er wird erkältet.

§. 688. Wenn sich eine Quelle von Wärme öffnet, und die ihr ausgesetzten Körper die davon ausfließenden Wärmetheilchen in größerer Menge empfan-

pfangen, als sie dahin ausströmen, so werden sie erhitzt werden. Da sie aber in einer gegebenen Zeit nur eine bestimmte Quantität davon empfangen können, so muß auch eine gewisse Zeit für sie nöthig seyn, um einen gegebenen Grad von Temperatur zu erreichen oder bis zu einem gewissen Grade erhitzt zu werden. Wenn wir nun hierbey nicht nur Maaßen und Volumina, sondern auch die Natur der Körper, folglich ihre Empfänglichkeit für die freye Wärmematerie, gleich setzen, so folgt, daß ihre durch die Mittheilung erhaltene Temperatur von der Zeit und der Intensität des Wärmestoffs abhängen muß.

Wenn also ein Körper gleichförmig eine Zeit hindurch Wärme ausströmt, und als eine ununterbrochene Quelle des Wärmestoffs anzusehen ist, so wird ein Thermometer, in einer gewissen Entfernung davon eine kurze Zeit gehalten, nicht so hoch steigen, als in einer längeren Zeit. Und wenn eben dasselbige Thermometer zweyen Wärmequellen, deren Intensitäten verschieden sind, gleich stark genähert wird, so wird es in einerley Zeit nicht von einerley Temperatur zu gleichen Graden steigen, sondern durch den heißern Körper höher, als durch den minder heißen.

§. 689. Es ist also die Zunahme der Temperatur eines und desselbigen Körpers (so lange seine Natur unverändert bleibt) in einer gegebenen Zeit der Intensität der Wärme des wärmeverbreitenden Körpers proportional. Eben so ist auch klar, daß sie sich wie die Zeit verhalten muß, wenn die Intensität der Quelle der Wärme beständig und unveränderlich ist, und aus dem erwärmten Körper keine Wärme wieder ausströmen oder sonst verschluckt werden kann.

§. 690. Aus beiden Sätzen zusammen folgt demnach, daß die Anhäufung der freyen Wärmematerie

terie in einem Raume, aus dem sie nicht wieder heraustritt, in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Zeit und der Intensität der Wärme des die Wärme zuführenden Körpers sey, oder sich verhalte, wie die Intensität der die Wärme hervorbringenden Ursache multiplicirt mit der Zeit.

Prevost recherches §. 12 — 15.

§. 691. Wenn die Temperatur eines Körpers gleich bleibt, so wird die aus ihm ausstrahlende Wärmematerie ebenfalls in einem zusammengesetzten Verhältnisse der Intensität seiner Wärme und der Zeit seyn.

Wenn die Zeit gleich ist, so wird ein und derselbige Raum oder Körper, der noch einmal so heiß, oder worin die Dichtigkeit des freyen Wärmestoffs noch einmal so groß ist, doppelt so viel Wärmestrahlen ausschicken. Und wenn die Intensität seines freyen Wärmestoffs gleich bleibt (immer wieder gleichförmig ersetzt wird), so wird er in der doppelten Zeit noch einmal so viel Wärmestrahlen ausströmen.
Prevost recherches §. 16.

§. 692. Jeder Körper, der Wärmestoff mitgetheilt erhält, strömt zu gleicher Zeit auch Wärmestoff aus, und die Erhitzung desselben ist daher nur die Differenz der Quantitäten dieser ein- und ausströmenden Wärmetheilchen.

§. 693. Die Erhitzung oder Erkältung eines der Luft ausgesetzten Körpers, ist, wenn die Temperatur der Luft gleich bleibt, in gleichen Zeittheilchen der Differenz der anfänglichen Temperaturen gleich. Dies Gesetz folgt aus dem vorhergehenden ungezwungen, und Richmann hat es durch eine Reihe sinnreicher Versuche zu bestätigen gesucht.

Inquisitio in legem, secundum quam calor fluidi in vase contenti certo temporis intervallo in temperie aëris

aëris constanter eodem decrescit, vel crescit, et decectio eius, auct. *Geo. Wilh. Richmanno*; in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 191. Lambert a. a. O. §. 255. ff. *Prevost recherches* §. 18.

§. 694. Wenn ein erhitzter Körper in einem kalten Mittel sich befindet, dessen Temperatur sich gleich bleibt, so führt die Strahlung der Wärme in jedem Augenblick einen Theil der innern Wärme des Körpers weg, welcher der in ihm zurückbleibenden Wärmemenge proportional ist.

Wenn also der Körper $\frac{1}{10}$ seiner innern Wärme in einem Augenblick verliert, so werden nach dem ersten Augenblick noch $\frac{9}{10}$ seiner primitiven Wärmemenge übrig bleiben; er wird im zweyten Augenblick wieder $\frac{1}{10}$ von diesen $\frac{9}{10}$ verlieren, und es werden $\frac{9}{10}$ von den $\frac{9}{10}$ der primitiven Wärmemenge übrig bleiben, u. s. f.
Newton opusc. T. II. S. 422, und *Princip. philos. nat.* L. III. Prop. VIII. Cor. IV. Richmann a. a. O. S. 195. Lambert a. a. O. §. 258. Prevost a. a. O. §. 19.

§. 695. Diesem Gesetze gemäß geschiehet die Erwärmung oder Erkältung eines Körpers in einem Mittel, dessen Temperatur constant ist, dergestalt, daß die Unterschiede seiner Wärme von der des Mittels in einer geometrischen Progression sind, während die Zeiten der Erhitzung oder Erkältung in arithmetischer Progression fortgehen.

Anwendung von diesem allgemeinen Gesetze der Erkältung oder Erhitzung in Fällen, wo die sich die Wärme mittheilenden Körper beide die Temperatur ändern, hat Prevost a. a. O. §. 20.

§. 696. Alles bisher vorgetragene gilt im strengen Sinne nur von der strahlenden Wärmematerie, die ungehindert und frey durch die Zwischenräume der Körper sich als expansibele Flüssigkeit bewegt. Wenn nun die Wärmematerie durch die materiellen

Theile keine Aenderung in ihrer Expansivkraft erlitte, so würde nach der Natur der Wärmematerie selbst folgen, daß bey gleichen Temperaturen der Körper die absoluten Quantitäten des Wärmestoffs sich verhalten müßten wie die Zwischenräume der Körper, die die Wärmetheilchen aufnehmen. Denn wenn gleiche Temperaturen gleiche Dichtigkeit der strahlenden Wärme voraussetzen, (§. 686.) so müssen die Zwischenräume in Körpern von gleicher Temperatur, von gleich dichtem Wärmestoff durchströmt werden, und bey gleichen Temperaturen müssen also gleich viel Zwischenräume gleiche Quantitäten des Wärmestoffs enthalten. Es würde hieraus folgen, daß bey gleichen Temperaturen und Volumen zweyer Körper die absoluten Quantitäten der strahlenden Wärmematerie, die sie enthielten, sich umgekehrt verhielten wie die wahren Dichtigkeiten dieser Körper. Die Erfahrung lehrt aber, daß die Wärmetheilchen, die mit den materiellen Theilchen der Körper in Berührung kommen, Modificationen ihrer Expansivkraft durch die Cohärenz mit denselben erleiden, so wie sie selbst merkliche Veränderungen in diesen Körpern hervorbringen. Wir müssen diesemnach die strahlende Wärmematerie von derjenigen unterscheiden, die auf ihrem Wege den Bestandtheilen der Körper begegnet, und nach der verschiedenen Cohärenz mit denselben Modificationen ihrer Expansivkraft, und der davon abhängenden Bewegung und wärmemachenden Kraft erleidet.

Hr. Pictet nennt diese durch die materiellen Theilchen der Körper modificirte Wärme fortgepflanzte Wärme (chaleur propagée); Hr. Prevost *chaleur genée*.

§. 697.

§. 697. So lange zwey Körper gleichartig bleiben, so kann es gar keinem Zweifel unterworfen seyn, daß, wenn die Temperaturen derselben gleich sind, die absoluten Quantitäten des freyen Wärmestoffs sich darin verhalten wie die Massen oder Volumina. Der Wärmestoff mag darin Abänderungen seiner Expansivkraft erleiden oder nicht, so wird im erstern Falle dies immer auf gleiche Art geschehen, und immer werden doppelt so viel Zwischenräume doppelt so viel Wärmetheilchen fassen, wenn die Dichtigkeiten der letztern, oder die Temperaturen gleich bleiben.

§. 698. Es folgt hieraus, daß, wenn zwey gleichartige Körper von ungleichen Temperaturen mit einander gleichförmig vermengt werden, sich die Wärme beider zusammen gleichförmig durch das ganze Gemenge ausbreiten, und die Vertheilung des Ueberschusses der Wärme den Volumen oder Massen derselben proportional seyn müsse. Die Erfahrung bestätigt diese von Richmann angegebene Regel vollkommen, wenn man das zugleich in Anschlag bringt, was von der Wärme während dem Zusammenmischen an die umgebende Luft oder das Gefäß, worin man die Mischung macht, tritt.

Wenn also T, t, die verschiedenen Grade der Temperatur der zu vermengenden gleichartigen Körper, M, m ihre Massen oder Volumina anzeigen, so ist die Temperatur nach der Vermengung oder $x = \frac{T.M + t.m}{M + m}$. Wenn M = m ist, so ist $x = \frac{T + t}{2}$. Gesetzt, es werde 1 Pf. heißer Sand von 180 Gr. F. mit 1 Pf. Sand von 40 Gr. vermengt, so wird die Temperatur nach der Vermengung $\frac{180 + 40}{2} = 110$ Gr. werden, oder der Ueberschuß 140 Gr. in dem einen Pfunde wird sich unter beide Pfunde gleichförmig vertheilen, so daß

das

das wärmere Pfund $\frac{140}{2}$ oder 70 Grad verliert, und das kältere dagegen $\frac{140}{2}$ oder 70 Grad erlangt. Oder, wenn 10 Pf. Wasser von 180 Gr. mit 6 Pf. Wasser von 40 Gr. vermischt werden, so wird die Temperatur nach der Vermischung $\frac{180.10 + 40.6}{10 + 6} = 127\frac{1}{2}$ Gr. werden. Aus der Formel $x = \frac{T.M + t.m}{M + m}$ folgt, daß $M : m = x - t : T - x$; und man kann daraus finden, wie groß die Massen oder Gewichte zweyer gleichartiger Körper, deren verschiedene Temperaturen gegeben sind, seyn müsse, um aus ihrer Vermengung die verlangte Temperatur herauszubringen. Man habe z. B. Wasser von 60 Gr. und von 180 Gr.; wie ist das Verhältniß von jedem, um eine Temperatur von 96 Gr. des Gemischten hervorzubringen? Antw. $96 - 60 : 180 - 96 = 36 : 84 = 3 : 7$ d. h.: man wird von dem Wasser von 180 Gr. 3 Theile, und von dem von 60 Gr. 7 Theile mit einander vermischen müssen, um 96 Gr. warmes zu erhalten.

§. 699. Diese Regel findet aber gar nicht mehr statt, sobald man ungleichartige Körper von verschiedenen Temperaturen mit einander vermengt. Hier vertheilt sich der Ueberschuß des wärmern weder nach Verhältniß der Gewichte dieser Körper, noch nach Verhältniß ihrer Volume, und es sind vielmehr ungleiche Quantitäten der freyen Wärme nöthig, um in gleichen Gewichten oder gleichen Volumen gleiche Veränderungen der Temperatur zuwege zu bringen. Wenn z. B. 1 Pf. Quecksilber und 1 Pf. Wasser, das eine höhere Temperatur hat, als jenes, mit einander zusammengerührt werden, so wird die Wärme des Gemenges allezeit größer seyn, als das arithmetische Mittel der vorigen Temperaturen; wenn aber das Quecksilber heißer ist, als das Wasser, so wird die Temperatur kleiner seyn, als das arithmetische Mittel.

Wenn z. B. 1 Pf. Quecksilber von 110 Gr. F. und 1 Pf. vou 44 Gr. mit einander vermengt werden, so sollte nach der vorigen Richmannschen Regel die Temperatur

des

des Gemenges 77 Gr. werden, sie wird aber nur 47 Gr.; und wenn das Quecksilber 44 Gr. und das Wasser 110 Gr. hat, so wird sie 107 Gr. Wenn also das Pf. Quecksilber 63 Gr. durch Vertheilung verliert, so gewinnt das Wasser nur 3 Gr.; und wenn hinwiederum das Wasser 3 Gr. verliert, so gewinnt das Quecksilber 63 Gr.

§. 700. Wenn also die Temperatur eines Körpers A um n Grade wächst oder vermindert wird, während die Temperatur des damit vermengten Körpers B von gleichem Gewicht um m Grade vermindert wird, oder wächst, so können wir schließen, daß so viele Wärmetheilchen, als den Körper A um n Grade wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht von B um m Grade erwärmen; und daß, wenn A und B bey gleichem Gewichte gleiche Temperatur haben, die Quantitäten der freyen Wärmetheilchen darin sich verhalten wie m : n.

Weil in dem vorhergehenden Exempel die Wärme des Wassers bey der Vermengung mit gleich viel Quecksilber um 1 Gr. wächst oder vermindert wird, während die des Quecksilbers um 21 Gr. vermindert wird, oder wächst, so schließt man, daß, so viel Wärmetheilchen, als das Wasser um 1 Gr. wärmer machen können, ein eben so großes Gewicht Quecksilber um 21 Gr. erwärmen. Wenn also Wasser und Quecksilber bey gleichen Gewichten gleiche Temperatur haben, so müssen die freyen Wärmetheilchen in jenem sich zu denen in diesem verhalten wie 21 : 1.

§. 701. Dies Verhältniß der Quantitäten freyer Wärmetheilchen in ungleichartigen Körpern bey gleicher Temperatur und gleichem Gewicht nennt man die **specifische Wärme** (calor specificus) nach Hrn. Wilke, oder die **comparative Wärme**, auch die **Capacität der Körper für Wärme**, nach Hrn. Crawford. Bestimmt man das Verhältniß bey gleichem Volum, so nennt es Hr. Wilke die **relative Wär-**

Wärme. Man bestimmt diese specifische Wärme der Körper aus den Veränderungen der Temperaturen, die sie zeigen, wenn sie in verschiedenen Temperaturen vermengt worden, und hernach auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind. Wenn die Gewichte der Körper A und B gleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n umgekehrt wie die Veränderungen x, y der Temperaturen, nachdem sie auf eine gemeinschaftliche gebracht worden sind; oder es ist $m : n = y : x$, folglich $m = \frac{ny}{x}$. Wenn die Gewichte P, p, der zu vermengenden Materie ungleich sind, so verhalten sich die specifischen Wärmen m, n, umgekehrt wie die Producte aus den Veränderungen x, y der Temperaturen in die Gewichte; oder es ist $m : n = yp : xP$, folglich $m = \frac{nyp}{xP}$. Der Erfinder dieser Formeln ist Hr. Irvine.

Ein Pfund Quecksilber von 110 Gr. mit 1 Pf. Wasser von 44 Gr. vermengt, giebt eine Temperatur von 47 Gr. Die Veränderung der Temperatur des Quecksilbers oder x ist $110 - 47 = 63$, die des Wassers oder y ist $44 - 47 = 3$; folglich verhält sich die specifische Wärme des Quecksilbers oder m zu der des Wassers oder n, wie $y : x = 3 : 63 = 1 : 21$; und es ist also $m = \frac{1}{21}$, wenn $n = 1$. Wenn 14 Pf. Quecksilber oder P von 100 Gr. mit 1 Pf. Wasser oder p von 50 Gr. vermengt werden, so wird vermöge der Erfahrung die gleichförmige Temperatur nach der gehörigen Vertheilung der Wärme 70 Gr. Hier ist also $x = 100 - 70 = 30$, y hingegen $= 70 - 50 = 20$, folglich $m : n = p\ y : Px = 1 \cdot 20 : 14 \cdot 30 = 20 : 420 = 1 : 21$; das ist, wie vorher.

§. 702. Der erste, der hierüber Erfahrungen angestellt hat, war Hr. Wilke. Hr. Black und Ir-

Irvine hatten sich zwar auch schon mit diesem Gegenstande beschäfftigt; die Resultate ihrer Untersuchungen wurden aber erst nachher durch Hrn. Crawford bekannt gemacht, der selbst mit vieler Sorgfalt die specifische Wärme verschiedener Körper zu bestimmen gesucht hat. Man hat so die Resultate dieser Versuche in Tabellen gebracht, und die specifische Wärme des Wassers dabey zur Einheit gesetzt. Diese Versuche erfordern aber außerordentlich viel Genauigkeit, wenn die Resultate nicht zu sehr von der Wahrheit abweichen sollen. Eine Hauptregel dabey ist, keine solche Substanzen mit einander zu vermischen, die eine chemische Wirkung auf einander äußern, sich wechselseitig auflösen, oder ihre Form ändern, oder ein zusammengesetztes neues Product geben, weil dabey, wie die Folge lehren wird, aus den Körpern selbst Wärmetheilchen frey oder verschluckt werden können, die die berechnete Temperatur erhöhen oder vermindern. Hr. Crawford hat diese Regel nicht immer beobachtet, und eben deswegen sind viele seiner Resultate unzulässig. Viele Naturforscher verwechseln übrigens noch die latente Wärme mit dieser specifischen; was ganz irrig ist. Die letztere ist nur Verhältniß der freyen Wärmetheilchen in Körpern bey gleichen Temperaturen und Gewichten.

Sonst ist bey Anstellung der Versuche über die specifische Wärme der Körper zu merken: 1) daß dazu Quecksilberthermometer gehören, die nicht nur sehr genau, sondern auch sehr empfindlich sind; 2) daß die Wärme, die während der Vermischung an die umgebende Atmosphäre abgesetzt wird, gehörig berechnet wird; 3) daß die kältere Substanz die Temperatur der Luft im Zimmer habe; 4) daß die specifische Wärme des Gefäßes, worin die Vermengung vorgenommen, selbst gehörig bestimmt, und der Einfluß desselben in Anschlag gebracht sey; 5) daß die Unterschiede der sehr niedrigen Temperatur sowohl, als der sehr grosen vermieden wer-

werden, und 6) die Volumina so viel als möglich gleich genommen werden.

Wegen der Nichtbeobachtung der im §. angeführten Hauptregel bey diesen Versuchen sind daher von Hr. Crawfords Erfahrungen die Resultate zu verwerfen, die er bey der Bestimmung der comparativen Wärme der Metallkalke, der Asche, des Holzes, der brennbaren Luft, des Waizens, der Habergrütze, Bohnen, Gerste, Fleisches, Blutes, u. a. herausbringt. Eben so auch die Resultate, welche andere bey der Vermischung mit Wasser und Salzen, Säuren, Alcohol, Eis, erhalten haben.

Versuche über die eigenthümliche Menge des Feuers in festen Körpern, und deren Messung, von Joh. Carl Wilke; in den neuen schwedischen Abhandl. B. II. Leipz. S. 48., und in Crells neuesten Entd. der Chemie B. X. S. 163. Experiments and observations on animal Heat, and the inflamination of combustible bodies, being an attempt to resolve those phaenomena into a general law of nature, by *Adair Crawford*. Lond. 1779. 8. 1788. 8. Adair Crawfords Versuche und Beobachtungen über die thierische Wärme, a. d. Engl. herausgeg. von L. Crell 1789. 8. Prüfung der neuen Theorien über Feuer, Wärme, Brennstoff und Luft, von Gren; in dessen Journ. der Phys. B. I. S. 5. ff. S. 189. ff.

§. 703. Folgendes Verzeichniß giebt die specifischen Wärmen verschiedener Körper gegen die zur Einheit angenommene des Wassers bey gleichen Gewichten und Volumen an.

		specifische Wärme		
	eigenthüml. Gew.	bey gleichem Gew.	bey gleichem Volum	
Wasser	1,000	1,000	1,000	
Gold	19,040	0,050	0,966	Wilke
Bley	11,456	0,042	0,487	—
Silber	10,001	0,082	0,833	—
Wismuth	9,861	0,043	0,427	—
Kupfer	8,784	0,114	1,027	—
Messing	8,356	0,116	0,971	—
Eisen	7,876	0,126	0,993	—

Zinn

	eigenthüml. Gew.	specifische Wärme bey gleichem Gew.	bey gleichem Volum	
Zinn	7,380	0,060	0,444	Wilke
Zink	7,154	0,102	0,735	—
Spießglaskönig	6,170	0,063	0,390	—
Agath	2,643	0,195	0,517	—
weißes Glas	2,386	0,187	0,448	—
Quecksilber	14,000	0,047	0,658	Black
Flintglas	3,329	0,174	0,579	Crawford
Terpenthinöhl	0,792	0,472	0,373	—
Baumöhl	0,913	0,710	0,648	—
Leinöhl	0,928	0,528	0,490	—
Schwefel	1,800	0,183	0,329	—
roher Kalkstein	,	0,256	,	—
gebrannter Kalk	,	0,245	,	—
atmosphärische Luft	,	1,796	,	—
Lebensluft	,	4,749	,	—
phlogistisirte Luft	,	0,793	,	—
fixe Luft	,	1,045	,	—

Ich habe hier alle diejenigen Stoffe ausgelassen, bey deren Untersuchung man die vorher angeführte Hauptregel aus der Acht gelassen hat.

Wirkungen der Wärmematerie auf die Körper.

Schmelzen. Verdunstung.

§. 704. Die erste Wirkung, die wir an denen der Hitze ausgesetzten Körpern wahrnehmen, ist die schon oben (§. 658.) angeführte Ausdehnung in einen größern Raum. Diese Ausdehnung ist Folge der Expansivkraft der Wärmetheilchen, und dies wird dadurch bestätigt, daß durch fortgesetzte verstärkte Wirkung derselben endlich der Zusammenhang fester Körper in einem so hohen Grade vermindert werden

kann,

kann, daß dadurch Flüssigkeit oder Liquidität entsteht. Die Wärmetheilchen, die frey durch die Zwischenräume der Körper strömen, bewirken die Temperatur des durch vermehrte Hitze ausgedehnten Körpers, aber die Ausdehnung wird durch diejenigen Wärmetheilchen bewirkt, die mit den Körpertheilchen selbst cohäriren, die eben deswegen in ihrer Expansivkraft selbst geschwächt, und deren wärmeerzeugende Kraft also auch gemindert werden muß, so daß sie bey gleicher Dichte nicht mehr die Intensität der Hitze zeigen können. Eben deswegen pflanzt sich diese cohärirende Wärme weit langsamer fort, als die strahlende.

§. 705. Die Größe der Ausdehnung der Körper in der Hitze, bey gleichem Volum und gleicher Intensität der mitgetheilten Hitze, richtet sich nicht nach ihrem eigenthümlichen Gewicht. Allgemein aber dehnen sich elastische Flüssigkeiten stärker und schneller aus, als tropfbar flüssige; diese stärker und schneller als feste Körper. Werkzeuge, um die Zunahmen der Ausdehnung fester Körper in der Hitze zu messen, hat man auch Pyrometer genannt. Muschenbroek, Bouguer, Smeaton haben dergleichen angegeben. Ueber die Ausdehnbarkeit der Gasarten haben wir von Hr. Morveau Untersuchungen.

Muschenbroek introd. ad philos. nat. T. II. §. 1527. Experiences faites à Quito, sur la dilatation et la contraction, qui souffrent les metaux par le chaud et le froid, par Mr. *Bouguer*; in den *Memoires de l' acad. roy. des sc.* 1745. S. 230. *Smeaton* description of a new pyrometer; in den *philos. Transact. Vol. XLVIII.* 1754. *u.* 79. Lamberts Pyrometrie S. 119.

Versuch über die Ausdehnbarkeit der Luft und der Gasarten durch die Wärme zur genauen Bestimmung der Umfänge derselbigen bey einer gegebenen Temperatur, von Hr. Morveau; in Grens Journ. der Phys. B. I. S. 293.

Folgendes sind die Resultate verschiedener Versuche dieser Art. Das Volum der Körper, das beym Eispuncte = 1,00000 angenommen worden ist, wurde durch die Zunahme der Wärme bis zum Siedepunct

bey Glase	1,00083	Smeaton
Golde	1,00094	Bouguer
Bley	7,00286	Smeaton
Zinn	1,00248	—
Silber	1,00189	Herbert
Messing	1,00193	Smeaton
Kupfer	1,00170	—
Stahl	1,00122	—
Eisen	1,00125	—
Quecksilber	1,01530	De Lisle
Weingeist	1,121 . .	Dücrest
atmosphärischer Luft	1,9368 .	Morveau
dephlogistisirter Luft	5,4767 .	—
phlogistisirter Luft	6,9412 .	—
leichter brennbarer Luft	1,3912 .	—
Salpeterluft	1,6029 .	—
luftsaurem Gas	2,0094 .	—
flüchtig alkalinischer Luft	6,8009 .	—

§. 706. Von dieser Ausdehnung der Körper in der Hitze ist es herzuleiten, daß sich das specifische Gewicht der Körper (§. 320.), der Gang der Pendul (§. 251.), die Federkraft, Sprödigkeit und Zähigkeit der festen Körper durch die Temperatur ändern kann.

§. 707. Durch die bey fortdaurender oder verstärkter Einwirkung der Hitze vermehrte Ausdehnung fester Körper kann endlich ihr Zusammenhang so sehr vermindert werden, daß sie in den Zustand der Flüssigkeit kommen, oder Verschiebbarkeit der Theile in einem hohen Grade erlangen. Diese Wirkung des Wärmestoffs auf feste Körper nennt man das **Schmelzen** (fusio). Es ist Folge der Expansivkraft des Wärmestoffs und der dadurch bewirkten Verminderung des Zusammenhangs der Körpertheilchen.

Die Schmelzbarkeit richtet sich nicht nach dem eigenthümlichen Gewicht der Körper, sondern hängt bey gleicher Intensität des Wärmestoffs von der größern oder geringern Affinität der Theile des Körpers zu demselben und der geringern oder größern Stärke des Zusammenhangs in seinen eigenen Theilen ab. Alle tropfbar flüssige Körper auf der Erde sind nicht selbständig flüssig, sondern sind in dem Zustande der Schmelzung durch Hülfe des Wärmestoffs. Durch denselben haben sie auch den geringen Grad der Elasticität, den sie äußern (§. 338.).

Verschiedene Körper, besonders die mehresten Metalle und das Eis, schmelzen plötzlich und auf einmal; Eisen, Platina, Fette, Harze hingegen erleiden allmählige Abstufungen der Consistenz.

§. 708. Einige Körper können durch keine Hitze, die wir jetzt hervorzubringen im Stande sind, in Fluß gebracht oder geschmolzen werden. Sie sind aber deswegen wol nicht absolut unschmelzbar zu nennen. Denn alle können doch wenigstens durch Hülfe anderer, mit denen sie sich chemisch vereinigen, im Feuer zum Schmelzen gebracht werden. Die letztern nennt man deswegen Flüsse, Schmelzungsmittel. Mehrere Körper, die für sich schwerer schmelzen, kommen verbunden leichter in Fluß.

Beyspiele: Kalkerde und Thonerde sind für sich unschmelzbar; sie schmelzen aber, wenn sie vermengt sind, in der Glühehitze.

Zinn, Bley, Wismuth schmelzen einzeln später, als wenn sie vorher zusammen geschmolzen worden sind; das gemischte Metall kann schon in der Siedhitze des Wassers flüssig werden.

Vermittelst eines angezündeten Gemenges aus drey Theilen gereinigten trocknen Salpeter, zwey Theilen Schwefelblumen, und zwey Theilen feinen Sägespänen, kann man eine kleine Silbermünze in einer Nußschale schmelzen. (Baumé's schneller Fluß.)

§. 709. Wenn die geschmolzenen Körper einer niedrigern Temperatur ausgesetzt werden, als die ist, wobey sie zu schmelzen anfingen, so werden sie wieder fest. Man nennt dies das Gestehen oder Gefrieren (congelatio). Es ist Folge des Austrittes des ihren Theilen adhärirenden Wärmestoffs, und es geschiehet schneller oder langsamer, theils nach der Verschiedenheit der Differenz der Temperatur des geschmolzenen Körpers und des umgebenden Mediums, theils nach der Leitungskraft des letztern für die Wärmetheilchen. Von der Crystallisirung der Theile der Körper bey diesem Gestehen oder Gefrieren ist oben (§. 131.) gehandelt worden.

§. 710. Eine andere und höchst merkwürdige Veränderung der Form, welche sehr viele, so wohl feste, als flüssige Körper erfahren, wenn sie der Wirkung des Wärmestoffs unterworfen werden, ist die Verwandelung derselben in elastische oder expansible Flüssigkeit, nemlich in Dampf (vapor) und in Luft.

§. 711. Wenn nemlich Wasser in einem gläsernen Gefäße der Hitze ausgesetzt wird, und seine Temperatur endlich einen gewissen Grad erreicht hat, so sehen wir, daß sich eine Menge von Bläschen allenthalben an der Wand des Gefäßes ansetzen, die sich nach und nach ablösen, emporsteigen, und an der Oberfläche des Wassers zerplatzen. Bey zunehmender Hitze des Wassers nehmen diese Bläschen an Menge und Größe zu, so daß sie bey ihrem Emporsteigen die Durchsichtigkeit des Wassers endlich hindern. Zuletzt geräth die ganze Masse des Wassers in Bewegung, wegen der Größe und Menge der Bla-

Blasen, und das Wasser wallt nun auf, kocht oder siedet. Bis zu diesem Sieden steigt die Temperatur des Wassers, wie ein hineingestelltes Thermometer zeigt. So wie es aber zum Sieden in einem offenen Gefäße gekommen ist, bleibt das Thermometer, wofern es nur den Boden oder die Wände des Gefäßes nicht berührt, in dem Wasser auf dem erhaltenen Puncte unveränderlich. Die Blasen, die im kochenden Wasser aufsteigen, sind der Dampf des Wassers. Dieser Dampf ist vollkommen durchsichtig, wie die Luft, und bleibt auch beym Heraustreten aus dem Wasser unsichtbar und elastisch, so lange er die dazu nöthige Wärme hat, oder nicht durch Druck vernichtet wird. So verwandelt sich nun bey fortdauernder Hitze das Wasser nach und nach ganz in Dampf, und wird als solcher fortgeführt. Durch Abkühlung in der atmosphärischen Luft oder bey Berührung kälterer Körper wird dieser Wasserdampf wieder ganz oder zum Theil vernichtet; und eben so auch durch Zusammendrückung; und so kehrt dann das Wasser aus dem expansiblen, dampfförmigen Zustande wieder zurück zum tropfbarflüssigen, oder auch zum festen Wasser, wenn die Abkühlung bis unter den Gefrierpunct geht.

§. 712. So sind nun mehrere feste und flüssige Körper oder Bestandtheile derselben fähig, bey einem angemessenen Feuersgrade in eine elastisch flüssige Materie, in Dampf, verwandelt, und durch Abkühlung daraus wieder als flüssiger oder fester Stoff niedergeschlagen zu werden. Der dazu nöthige Grad der Hitze ist bey den verschiedenen Körpern gar sehr verschieden.

Aether und Weingeist sieden bey geringerer Hitze, als Wasser, dieses bey geringerer als fette Oehle und Quecksilber. Schwefel verdampft früher als Wismuth, Zink, Spießglaskönig, Arsenikkönig. Aber auch das sonst so feuerbeständige Gold und Silber können zur Verdampfung gebracht werden.

§. 713. Aber die Erfahrung lehrt auch, daß der Druck der atmosphärischen Luft, die über der Fläche der kochenden Flüssigkeit sich befindet, den Grad der Hitze, bey dem eine und dieselbe Flüssigkeit siedet, sehr abändert; daß eine desto größere Hitze dazu erfordert werde, je größer dieser Druck der Luft sey, und daß einerley Flüssigkeit, um so eher und bey desto geringerer Hitze siede, je geringer der Druck der Luft darauf sey. Hierauf gründet sich eben die oben (§. 672.) angeführte Berichtigung des Siedepuncts am Thermometer. Der Grund davon liegt in dem größern oder geringern Widerstande und Drucke, der sich der Bildung des elastisch-flüssigen Dampfes entgegensetzt. In hohen Gegenden der Atmosphäre kocht daher das Wasser bey einer niedrigern Temperatur, als in niedrigern Gegenden; und im leeren Raume der Luftpumpe bey sehr mäßiger Temperatur.

Der Pulshammer.

Ueber das Verhältniß zwischen dem Drucke der Luft auf die Oberfläche der Flüssigkeiten, und den Grad der Wärme, den sie beym Kochen annehmen, von Hrn. Achard; in seinen phys. chem. Vers. B. I. S. 213. ff.

§. 714. In verschlossenen Gefäßen, aus welchen die elastischen Dämpfe nicht entweichen können, und daher auf die Flüssigkeit nothwendig zurückwirken, brauchen deswegen auch diese einen weit größern Grad von Hitze, um zum Sieden gebracht zu werden; und die Dämpfe nehmen darin auch einen un-

ge-

gemein hohen Grad von Elasticität an, und nähern sich endlich mehr dem luftförmigen Aggregatzustande.

§. 715. Beyspiele von der Elasticität der Dämpfe, und ihren Wirkungen, geben:

1) Die Windkugel, oder Dampfkugel (Aeolipila).

Wolfs nützl. Vers. zu genauer Erkenntn. der Nat. und Kunst, Th. I. Cap. 7.

2) Die Knallkügelchen.

3) Der papinianische Topf (digestor *Papini*).

La maniere d' amolir les os, ou de faire cuire toutes sortes de viandes en fort peu de tems, par Mr. *Papin*. à Amsterd. 1681. 8. Versuch einer neuen Vorrichtung von Papins Digestor, von Wilke; in den schwed. Abhandl. B. XXXV. S. 3. und in Crells neuesten Entd. Th. I. S. 88. ff.

4) Die Dampf- oder Feuermaschine: a) die ältere; b) die von Watt und Boulton sehr verbesserte.

a) *Io. Friderici Weidleri* Tractatus de machinis hydraulicis toto terrarum orbe maximis, marlyensi et londinensi, Vitembergae 1729. 4. *Leupold* theatr. machinar. hydraulic. T. II. §. 202. ff. *Belidor* architectura hydraulica, Augsb. 1740. Th. I. B. IV. Cap. 3.

b) Göttingisches Magazin der Wissensch. von Lichtenberg und Forster, Jahrg. III. St. II. S. 218. ff. Gehlers phys. Wörterb. Th. I. S. 561. ff.

Eine detaillirte Beschreibung der innern Einrichtung von Watts Feuermaschine besitzen wir noch nicht. Hr. D. B. Bückling, der in unserer Nachbarschaft eine Feuermaschine nach Boultons und Watts Einrichtung angelegt hat, hat eine Beschreibung davon versprochen.

Berechnungen über die Elasticität der Dämpfe sehe man in: Memoire sur la force expansive de la vapeur de l'eau — par Mr. *de Betancourt*, à Paris 1792. 4.

§. 716.

§. 716. Daß der Wärmestoff Ursach an der Bildung der Dämpfe sey, daran zweifelt wol jetzt niemand; und daß er es sey, wird dadurch bewiesen, daß zur Hervorbringung der Dämpfe Wärme erforderlich ist; daß mit der Zunahme der Wärme die Bildung des Dampfes befördert und beschleunigt wird; daß der Dampf, bey Vernichtung desselben durch Druck, Wärme absetzt; und daß er durch Entziehung der Wärme aufhört, Dampf zu seyn. Der Dampf entsteht durch die noch größere Menge des Wärmestoffs, die mit den Theilchen des in Dampf zu verwandelnden Körpers cohärirt, als mit denen in tropfbarer Flüssigkeit befindlichen, dergestalt, daß sie nun auch an der Expansivkraft des Wärmestoffs einen weit größern Antheil nehmen, in den Zustand der eigentlichen Expansibilität oder Elasticität übergehen, und wegen des geringen eigenthüml. Gewichts in der Luft aufsteigen oder darin vermischt seyn können.

§. 717. Wir müssen also in den Dämpfen, als zusammengesetzten Körperarten, die Basis, oder den Stoff unterscheiden, der an sich nicht expansibel ist, wie im Wasserdampfe das Wasser, und das ursprünglich expansive Wesen, nemlich den Wärmestoff, oder nach Hrn. De Luc das fortleitende Flüssige (fluidum deferens), durch welches jene Basis zur expansiblen Flüssigkeit wird, (§. 337.) und durch dessen Entziehung es aufhört elastisch zu seyn. Durch die Cohärenz des Wärmestoffs mit der Basis des Dampfes verliert jener seine Strahlung und seine Wärmeerzeugende Kraft, oder wird latent; wie die nähere Betrachtung dieses Umstandes in der Folge lehren wird, und eben hieraus ist die Fixität des

Sie-

Siedepunctes beym bleibenden Druck der Atmosphäre, und auch selbst die Ursach zu erklären, warum die verschiedenen Stoffe einen so unterschiedenen Grad von Hitze erfordern, um in Dämpfe verwandelt zu werden.

§. 718. Die Luft trägt zur Erzeugung der Dämpfe nichts bey. Sie ist vielmehr durch ihren Druck derselben in etwas hinderlich; und es muß die Hitze allemal diesen Widerstand der Luft erst überwinden, oder eigentlicher, es ist bey dem Druck der Atmosphäre eine desto größere Menge des Wärmestoffs zur Bildung des Dampfes nöthig, um eine Expansibilität zu besitzen, die der Elasticität der Luft gleich ist. Ist der Druck der Luft geringer, so bedarf es einer geringern Menge von Wärmestoff, um eben dieselbe Quantität der Basis in gleich elastischer Form zu erhalten. Wird den Dämpfen durch eine niedrige Temperatur der umgebenden Mittel ein Theil des Wärmestoffs entzogen, so kann dieselbige Quantität der Basis bey gleichem Druck der Atmosphäre nicht mehr expansibel bleiben, und ein Theil derselben wird abgeschieden. Der Dampf des Wassers kann also bey allen Temperaturen in der Luft als expansible und völlig unsichtbare Flüssigkeit bestehen, nur daß ein desto geringeres Verhältniß der Basis (des Wassers) zur absoluten Quantität des expansiven Stoffs (der damit cohärirenden Wärmematerie) darin stattfindet, je größer der Druck der Atmosphäre bey gleicher Temperatur ist; und daß eine desto geringere absolute Quantität des Dampfs bestehen kann, je niedriger die Temperatur der Luft bey gleichem Drucke ist; und umgekehrt. Ohne den Druck der Atmosphäre würden wir bey der mittlern Tempera-

ratur derselben gewiß kein tropfbar flüssiges Wasser kennen; sondern es würde alles zur expansiblen Flüssigkeit oder Dampf werden. Diese richtigern und genauern Vorstellungen von der Natur des Dampfes verdanken wir Herrn De Luc, der dadurch neue Aussichten für die Meteorologie eröffnet hat.

De Luc nouvelles Idées sur la meteorologie T. I. II. à Londres 1786. 8. J. A. de Luc neue Ideen über die Meteorologie, a. d. Franz. Th. I. II. Berl. u. Stettin 1787. 1788. 8. Zweyter Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie, über die Wärme, das Schmelzen, und die Verdunstung; in Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 402. Dritter Brief des Hrn. de Luc über die Dämpfe, die luftförmigen Flüssigkeiten und die atmosphärische Luft; ebendaselbst Th. III. S. 132.

§. 719. Ueberhaupt bedarf es gar nicht der Auflösung des Wassers in der Luft, um sich die Phänomene der Verdampfung des Wassers zu erklären, und darauf einen Unterschied zwischen wirklicher Verdampfung (evaporatio) und Ausdünstung (exhalatio) zu begründen. Jede Ausdünstung ist vielmehr eine wahre Verdampfung, die bey einer niedrigern Temperatur der Luft nur deswegen langsamer und in geringerer Menge stattfindet, weil dann eine geringere Quantität des Wärmestoffs zugegen ist, der durch seine Cohärenz mit der Basis diese dampfförmig machen muß. Die Gründe für die Auflösung des Wassers in der Luft, und die dadurch bewirkte Ausdünstung, hat Hr. De Luc umständlich und gründlich widerlegt. Ich werde in der Folge beym Wasser auf diesen Gegenstand wieder zurückkommen.

De Luc vorher (§. 718.) angeführte Schriften. Ebendesselben Prüfung einer Abhandlung des Hrn. Monge über die Ursach der hauptsächlichsten Phänomene der Meteorologie; in Grens Journ. der Phys. B. VI. S. 121.

Zu den hauptsächlichsten Vertheidigern der Auflösung des Wassers in der Luft, als Ursach der Ausdünstung, gehören Hr. Le Roi (Mémoire sur l' elevation et la suspension de l' eau dans l' air; in den *Memoires de l' acad. roy des sc. de Paris*, 1751. S. 481.) und Hr. Hube (über die Ausdünstung und ihre Wirkungen in der Atmosphäre, Leipz. 1790. 8.).

§. 720. Wenn den Dämpfen plötzlich ihr Wärmestoff durch Berührung mit der kältern Atmosphäre entzogen wird, oder sie sonst einem stärkern Drucke ausgesetzt werden, so bilden diese zersetzten Dämpfe einen sichtbaren Nebel oder Rauch. Mit Unrecht nennt man denselben noch einen Dampf, da er gar nichts mit der Natur des Dampfes gemein hat. Er besitzt keine Elasticität mehr; und ist nichts, als die Basis des Dampfes, die ihres expansiven Stoffes beraubt ist. Sie schwimmt vermöge ihrer höchst feinen Zertheilung in der Atmosphäre, und folgt ihrem Zuge, bis sie durch mehrere Aneinandernäherung ihrer Theilchen zum concreten tropfbarflüssigen oder festen Stoffe zusammentritt, und sich niederschlägt; oder sich durch neue Hinzukunft vom Wärmestoff wiederum in elastische und unsichtbare Flüssigkeit verwandelt. Wolken sind daher nicht Wasserdünste, die in der Luft schwimmen, sondern das höchst fein zertheilte Wasser, das aus dem Elastisch-Flüssigen, was es vorher bildete, bey der Zersetzung desselben niedergeschlagen worden, und noch nicht zum zusammenhängenden Tropfbarflüssigen zusammengetreten ist. Hr. von Saußure schreibt diesem Nebel eine Bläschengestalt zu.

Versuch über die Hygrometrie, durch Horaz Bened. de Saußure, a. d. Franz. von J. D. T. Leipz. 1784. 8. S. 239.

§. 721.

§. 721. Manche Substanzen werden durch die Hitze in elastische Flüssigkeiten verwandelt, die keinesweges in der Kälte oder durch äußern Druck wieder zum tropfbar flüssigen oder festen Körper zusammentreten, wie die eigentlichen Dämpfe thun, und die sich also von diesen durch die Permaneität ihrer Elasticität unterscheiden. Sie bestehen, wie Dämpfe, aus einer nicht elastischen Basis und dem Wärmestoff; allein beide sind (wahrscheinlich durch Lichtmaterie) chemisch vereiniget; da in den Dämpfen der Wärmestoff mit der Basis mehr mechanisch cohärirt. Wir werden von dieser Classe der elastischen Flüssigkeiten in der Folge unter dem Namen der Gasarten handeln.

§. 722. Diejenigen Körper übrigens, welche sich durch die Hitze in Dämpfe oder auch in Gasarten verwandeln lassen, nennt man flüchtig (corpora volatilia), und setzt ihnen die feuerbeständigen (corpora fixa) entgegen, die der Verflüchtigung oder Verdampfung und Verdunstung in der Hitze widerstehen. Indessen ist die Flüchtigkeit und Feuerbeständigkeit der Körper nur relativ, und im Grunde giebt es wol keine absolut feuerbeständige Körper. Auch liegt der Grund der größern oder geringern Flüchtigkeit oder Feuerbeständigkeit der Körper, nicht, wie Macquer annimmt, in der größern oder geringern Ausdehnbarkeit derselben in der Hitze, sondern vielmehr in ihrer eigenthümlichen Verwandtschaft zum Wärmestoff, die sich nach keinem allgemeinen Gesetze richtet.

§. 723. Da in einem Körper oft feuerbeständige und flüchtige Bestandtheile, und diese wieder von verschiedenen Graden gemischt sind, so sieht man auch

leicht

leicht ein, daß derselbe durch die Entweichung flüchtiger Bestandtheile in der Wärme in seiner Mischung, und also auch nothwendig in seinen Eigenschaften und seiner Natur sehr abgeändert werden müsse; daß ferner Körper in der Hitze schwinden und in einen kleinern Raum zusammentreten; und endlich die Körper selbst in ungleichartige Bestandtheile zerlegt werden können. Auf diese Verdampfung der Körper in der Hitze und die Zersetzung der Dämpfe durch Abkühlung gründen sich noch die wichtigen Operationen des **Destillirens** und **Sublimirens** (sublimatio, destillatio) in der Chemie, wobey Körper oder gewisse Bestandtheile derselben in dazu schicklichen Gefäßen und einem angemessenen Grade der Hitze in Dämpfe verwandelt, und hernach durch Abkühlung wieder verdichtet werden. Bey jener treten sie zu einem tropfbarflüssigen, bey dieser zu einem festen Körper zusammen.

Unmerkbare Wärmematerie.

§. 724. Es sey eine Masse gestoßenes Eis in einem Gefäße so weit erkaltet, daß ein hinein gestelltes Thermometer 10 Gr. Fahrenh. zeige. Man bringe das Gefäß in ein geheiztes Zimmer, so daß die kalte Masse nun einem beständigen gleichförmigen Wärmestrome ausgesetzt sey. Das Thermometer wird nun bis 32 Gr. steigen, aber hier stille stehen, wenn auch gleich der Wärmestrom, der dem Eise zufließt, der nämliche bleibt. Die Temperatur des Eises steigt nun nicht höher, so viel Wärmetheilchen ihm auch zugeführt werden; aber es schmelzt nach und nach, und erst dann, wenn dieß geschehen ist, steigt das

Ther-

Thermometer allmählig höher. Erhitzt man das nunmehr tropfbar flüssige Wasser in dem Gefäße über dem Feuer noch stärker, so gelangt das Thermometer endlich an den Siedepunct, wenn das Wasser zum Kochen gekommen; aber nun tritt wieder der Stillstand desselben ein, und es steigt nicht höher, der dem Wasser zugeführte Wärmestrom mag noch so groß seyn, so lange nur das Wasser das Thermometer umgiebt. — Oder, man vermische ein Pfund Schnee, dessen Temperatur 32 Gr. F. ist, mit einem Pfunde Wasser von 120 Gr. Nach der Richmannschen Regel (§. 698.) sollte die Temperatur des Gemisches 76 Gr. werden; sie bleibt aber 32 Gr.

§. 725. Der auf das Eis wirkende Wärmestrom erhöhet also die Temperatur des Eises eben so wenig über den Gefrierpunct, als der auf das Tropfbarflüssige wirkende es über den Siedepunct erhitzen kann. Die Wirkung der Wärmetheilchen auf das Eis schränkt sich also darauf ein, die Form oder den Aggregatzustand des Eises zu verändern, und dasselbe in tropfbar flüssiges Wasser zu verwandeln; so wie die Wirkung derselben auf das tropfbarflüssige Wasser bey der Siedehitze ebenfalls sich darauf einschränkt, es in Dampf zu verwandeln. So lange diese Verwandlung dauert, bleibt das Thermometer im erstern Falle auf dem Gefrierpuncte, im andern auf dem Siedepuncte unverändert stehen.

§. 726. Da die dem schmelzenden Eise oder dem siedenden Wasser mitgetheilte Wärmematerie also keine höhere Temperatur, keine vermehrte Wirkung auf unser Gefühl oder aufs Thermometer darin hervorbringt, sondern ihre thermometrische und erwär-

men-

mende Kraft dadurch ganz verliert, daß sie das feste Wasser in tropfbar flüssiges, oder dieses in Dampf verwandelt, so nennt man sie deswegen **unmerkbare, verborgene**, auch wol **gebundene** oder **fixirte Wärmematerie** (calor insensibilis, latens, fixatus). Die Quantität der Wärmetheilchen nemlich, die zur Aenderung des Aggregatzustandes des festen Wassers in liquides, oder des liquiden in dampfförmiges verwandelt werden muß, muß für das Thermometer und das Gefühl verlohren gehen; und in der That kömmt sie auch wieder als freye Wärmematerie zum Vorschein, wenn der Dampf des Wassers zum tropfbarflüssigen Wasser durch Zusammendrückung, oder das flüssige Wasser plötzlich zum Gefrieren gebracht wird, wie dies die Folge lehren wird.

§. 727. Mit Recht unterscheidet man aber die **unmerkbar gewordene** Wärmematerie in der doppelten Hinsicht, als **adhärirende** und als **chemisch gebundene**. Die von dem Eise bey seinem Uebergang zum tropfbar flüssigen Wasser, oder von diesem bey der Verwandlung in Dampf, verschluckte Wärmematerie hat zwar darin ihre Strahlung verlohren; aber die Verbindung derselben darin mit den Wassertheilen, oder mit der Basis, ist doch so locker, daß jeder kältere Körper von einer niedrigern Temperatur sie schon entzieht, oder daß keine chemische Wirknng nöthig ist, um sie zu trennen. Z. B. Die unter dem Gefrierpunct erkaltete Luft entzieht dem tropfbar flüssigen Wasser den darin verborgenen Wärmestoff, der die Liquidität desselben hervorbrachte. Der Stoff der Wärme ist also im Grunde nur adhärirend. Diese Schmelzungs- und Verdam-

dampfungswärme nenne ich daher **verborgene Wärmematerie** mit Hrn. Pictet, um sie so von der eigentlich **chemisch gebundenen** zu unterscheiden. Beide zusammen aber begreife ich unter dem Namen der **unmerkbaren Wärmematerie**. Die chemische Bindung des Wärmestoffs findet bey der Bildung der Luftarten statt, die weder durch mechanische Zusammendrückung, wie der Dampf, noch durch eine niedrige Temperatur, wie der Dampf und das tropfbar flüssige Wasser, ihres expansiven Wärmestoffs beraubt werden können. Diese chemische Bindung des Wärmestoffs scheint mir aber bloß vermittelst des Lichts, wie im Brennstoff, stattfinden zu können.

Pictet a. a. O. §. 22. ff.

§. 728. Es ist nicht bloß das Wasser, was bey der Aenderung seiner Form Wärmestoff verschluckt oder wieder entläßt, sondern es findet dies bey allen Körpern statt, wenn sie eine Aenderung ihrer Form erleiden. Der Stoff der Wärme kann solchergestalt auf eine höchst mannigfaltige Weise bald frey, bald wieder unmerkbar werden, und es kann also Erhitzung und Kälte in sehr vielen Fällen bloß durch die Veränderung hervorgebracht werden, welche die Körper in Absicht ihrer Form erleiden. Die hieher gehörigen Fälle lassen sich unter folgende sechs Gesetze bringen.

Gren Uebersicht der Gesetze, nach welchen sich die Capacität der Körper gegen den Wärmestoff bey Veränderung der Form ihrer Aggregation richtet, und welche zur Erklärung vieler hierher gehörigen Phänomene dienen können; im Journ. der Phys. B. II. S. 24. ff.

§. 729. I. Der freye Wärmestoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zustande der Festigkeit in den der tropfbaren Flüssigkeit übergehen.

Hieraus erklärt sich:

1) Die Fixität des Gefrierpunctes im schmelzenden Schnee oder Eise. (§. 724.).

De Luc Unters. über die Atmosph. Th. I. §. 438. e—g; desselben neue Ideen über die Meteorologie §. 179.

2) Der Versuch des Hrn. Wilke mit Schnee und warmen Wasser (§. 724.). Ein Pf. Schnee von 32 Gr. F. mit 1 Pf. heißem Wasser von 162 Gr. F. giebt eine Temperatur von 32 Gr. Der Schnee wird völlig geschmolzen. Wenn das Wasser über 162 Gr. heiß ist, so vertheilt sich bloß der Ueberschuß über 162 Gr. gleichförmig unter das entstandene Wasser. Die Menge der vom Schnee verschluckten Wärme ist also 130 Gr.; nach Hrn. Black 140 Gr.

Wilke in den schwed. Abhandl. J. 1772. B. XXXIV. S. 93.; und in den neuen schwed. Abh. J. 1782. Th. II. Crawford Vers. und Beob. S. 56. ff. De Luc neue Ideen über die Met. §. 211.

3) Die Erkältung durch schmelzendes Eis oder Schnee, die desto größer ist, je schneller das Schmelzen desselben geschiehet. Daher

4) die große und starke Erkältung durch Schnee und rauchenden Salpetergeist.

5) Die Erkältung bey der Auflösung krystallinischer Salze in Wasser.

6) Die starke Erkältung beym Schmelzen des Schnees mit Salzen. Die größeste Kälte, die durch jedes Salz mit Schnee oder Eis beym Schmelzen hervorgebracht wird, ist diejenige, bey welcher eine gesättigte Auflösung eben dieses Salzes gefriert; denn nun fällt die Ursach der Erkältung weg.

Blagden Versuche über das Vermögen verschiedener Substanzen, den Gefrierpunct des Wassers tiefer herabzubringen; in Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 389.

7) Die starke Erkältung durch die Auflösung des gepulverten krystallinischen Glaubersalzes in Salpetersäure nach Walker.

Versuche über die Hervorbringung einer künstl. Kälte, von Rich. Walker; in Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 419.; Ebendesselben Vers. über das Gefrieren des Quecksilbers, ebendas. B. II. S. 358.

§. 730.

§. 730. II. **Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensiblen in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den der Festigkeit übergehen; oder die überhaupt sich mehr verdicken.**

Dies Gesetz ist das umgekehrte des vorigen, und eine ganz natürliche Folge davon. Die Körper, die Wärmestoff verschluckt haben, um geschmolzen zu seyn, müssen beym Gestehen denselben wieder entlassen, und solchergestalt eine Temperaturerhöhung erleiden. Wenn das Wasser gefriert, so setzt es also die Schmelzungswärme wieder ab. Bey dem allmählichen Gefrieren läßt sich freylich wegen der in jedem Augenblicke nur unmerklich entwickelten Wärme diese nicht durchs Gefühl und Thermometer wahrnehmen; allein eben in dieser freywerdenden Wärmematerie liegt der Grund, warum das Wasser beym Gefrierpunct der Luft nicht plötzlich und durchaus gefriert; und warum das bey einer stärkern Kälte gefrierende Wasser doch 32° so lange behält, bis es durchaus gefroren ist. Es erklärt sich ferner aus diesem Gesetze:

1) Warum Wasser, das durch Bedeckung mit Oehl, und Ruhigstehen, ohne zu gefrieren bis unter den Gefrierpunct erkaltet war, wenn es nun durch Schütteln oder Erschüttern, oder Umrühren, zum Gefrieren gebracht wird, ein darin gestelltes Thermometer bis 32° erhebt.

Blagden a. a. O. S. 87.

2) Warum z. B. von 1 Pf. Wasser von 32° mit 1 Pf. Schnee von 4° vermischt, fast ⅕ Pf. Wasser gefriert, und das ganze Gemisch auf 32° kömmt.

3) Warum Salzsolutionen, die nach dem Abrauchen in der Hitze krystallisirungsfähig geworden sind, weit später erkälten, als eben so stark erhitztes Wasser von eben dem Gewicht, oder eben dem Umfange, wenn sie beide unter gleichen Umständen in ein kälteres Medium gesetzt werden.

4) Warum eine gesättigte Auflösung des Glaubersalzes, die bey der vollkommenen Ruhe in einem verstopften Glase erkältete, ohne sich zu krystallisiren, im Augenblick des Krystallisirens beym Schütteln sich erhitzt.

5) Warum zerfallnes Glaubersalz, Bittersalz, Mineralalkali, gebrannter Alaun, gebrannter Borax, u. d. gl. bey der Vermischung mit Wasser von eben der Temperatur Erhitzung zuwege bringen, da eben diese Salze

im krystallinischen Zustande Erkältung bewirken. Es wird nemlich im erstern Falle das Wasser zum festen oder Krystallisationswasser.

Gren a. a. O. S. 36.

6) Warum sich gebrannter Gyps, und noch mehr der gebrannte ungelöschte Kalk, mit Wasser erhitzt. Das flüssige Wasser wird nemlich damit zum festen Krystallisationswasser.

7) Woher die starke Erhitzung der gebrannten Bittersalzerde mit Vitriolöhl rührt.

Gren a. a. O. S. 39.

8) Woher die Erhitzung der gebrannten Kalkerde, der luftleeren Alkalien, der Metalle bey der Auflösung in concentrirten Säuren kömmt.

9) Warum sich Vitriolöhl, Salpetersäure, mit Oehlen vermengt, erhitzt. (Selbstentzündung der ätherischen Oehle durch Salpetersäure.)

10) Warum geschmolzener Talg, Fett, Harze, Wachs, so spät erkalten.

11) Warum Vitriolöhl und Wasser, Weingeist und Wasser, Essig und Wasser, Mehl und Wasser mit einander bey gleicher Temperatur vermischt, eine erhöhete Temperatur erhalten.

§. 731. III. Der freye Wärmestoff wird zum unmerkbaren in Körpern, die aus dem Zustande der tropfbaren Flüssigkeit in den des Dampfes übergehen.

Dies Gesetz erklärt:

1) die Fixität des Siedepunctes des an freyer Luft bey unverändertem Druck der Atmosphäre kochenden Wassers (§. 672.).

2) Die Erscheinung, daß Wasser, welches im verschlossenen papinianischen Topfe bis über den Siedepunct erhitzt ist, sogleich zum Siedepunct zurückkehrt, so wie der Dampf durch eine Oeffnung seinen Ausgang nehmen kann.

Crawford a. a. O. S. 45.

3) Warum 8 Pf. Eisenfeile von 300° F., mit 1 Pf. Wasser von 212° vermengt, nur eine Temperatur von 212° des Gemenges hervorbringen.

Crawford a. a. O. S. 61.

4) Warum offene Gefäße, worin Wasser kocht, durch das Feuer nicht merklich über den Siedepunct erhitzt werden können.

5) Warum ein Zwirnsfaden, der um ein mit Wasser gefülltes, verstopftes Medicinglas dicht gebunden ist, über der Flamme eines Lichtes nicht verbrennt.
6) Die Abkühlung der Zimmer im Sommer durch Besprengen mit Wasser.
7) Das Sinken eines empfindlichen Luftthermometers unter der Glocke der Luftpumpe beym Verdünnen der feuchten Luft darunter.
Gren a. a. O. S. 49.
8) Die starke Erkältung beym Verdunsten des Aethers. (Franklins Problem.).
9) Die sogenannte Kälte erzeugende Kraft des lebenden Menschen, in einem Medio, das über die Temperatur der Blutwärme erhöhet ist.

Endlich erklärt dies Gesetz auch die weise Einrichtung unserer thierischen Haushaltung in Ansehung der Ausdünstung unseres Körpers und des Athemholens, und des hauptsächlichsten Nutzens beider zur Ausscheidung des Ueberschusses der Wärme und zur Erhaltung ihres Gleichgewichts. (M. s. *Chr. Henr. Guil. Roth* diss. de transspiratione cutanea, aequilibrii caloris humani conservationi inserviente. Hal. 1793. 8.).

§. 732. IV. Der unmerkbar gewordene Wärmestoff wird wieder zum freyen und sensibelen in Körpern, die aus dem Zustande des Dampfes zu tropfbar flüssigen oder festen werden.

Dies Gesetz ist wieder das umgekehrte des vorigen. Als Beyspiele zur Erklärung dienen:

1) Warum eine kleine Quantität Wasser in Dampfgestalt, z. B. bey Destillationen, weit mehr Wärme bey seinem Niederschlagen absetzt, als eine gleiche Quantität Wasser, wenn auch die Temperatur in beiden gleich ist.
Gren a. a. O. S. 53.
2) Warum der Wasserdampf bey seiner Zusammendrückung und daher entstehenden Vernichtung Temperatur-Erhöhung bewirkt; und warum unter der Glocke der Luftpumpe ein empfindliches Luftthermometer steigt, wenn man zu dem im Guerickschen Raume enthaltenen Dunste Luft läßt.

Nach Hrn. Watts Erfahrung ist die Quantität des Wärmestoffs, der als latenter im Wasserdampfe bey gleicher Temperatur mehr enthalten ist, als im kochenden Wasser von eben dem Gewicht, so groß, daß, wenn er in einer nicht verdunstbaren Substanz von ei-

nerley Capacität und Gewicht mit dem Wasser frey und sensibel würde, die Temperatur dieser Masse um 943° erhöhen würde.

De Luc neue Ideen S. 249 — 258.

§. 733. **V. Der freye Wärmestoff wird verschluckt und zum unmerkbaren, wenn Substanzen die Gasgestalt annehmen.**

VI. Der unmerkbar-gewordene Wärmestoff wird wieder frey, wenn Gasarten ihren luftförmigen Zustand verlieren, und zum flüssigen oder festen Stoff niedergeschlagen werden.

Diese Gesetze erklären:

1) Warum luftsaurer Kalk sich mit Säure wenig oder nicht erhitzt, da es doch der gebrannte thut.
2) Warum luftsaures flüchtiges Alkali mit Salpetersäure viel mehr erkältet, ätzendes hingegen sich damit erhitzt.
3) Warum luftsaure Bittererde sich mit Vitriolöhl nicht so erhitzt, als gebrannte.
4) Warum Salpetergas und dephlogistisirte Luft bey ihrer Zersetzung Wärme hervorbringen.
5) Warum salzsaures Gas mit respirabler Luft, oder flüchtig alkalinischem Gas; luftsaures Gas mit flüchtig alkalinischem Gas; vitriolsaures Gas mit alkalinischem Gas; salzsaures Gas, flußspathsaures Gas, flüchtig alkalinisches Gas mit Wasser eine Temperaturerhöhung bewirken.
6) Die Selbstentzündung des Phosphorgas bey der Berührung der respirablen Luft.

Gren a. a. O. S. 54. ff.

§. 734. Da das Eis von 32 Gr. F. bey seinem Uebergange zum flüssigen Wasser von eben dieser Temperatur nur eine bestimmte Quantität freyen Wärmestoff verschluckt, und diese solchergestalt der Menge des geschmolzenen Eises proportional ist, so haben Hr. Lavoisier und De la Place hierauf einen Apparat gegründet, theils die specifische Wärme der Körper zu bestimmen, theils die verhältnißmäßige Quantität des Wärmestoffs zu messen, die bey der Zersetzung der Körper, und der Aenderung ihrer

Form

Form, oder sonst beym Verbrennen frey wird. Sie nennen ihn ein Calorimeter, was freylich besser ein Thermometer heißen sollte. Sonst nennt man ihn auch den Eisapparat. Mit Unrecht sieht man alle die bey der Anstellung der Versuche damit von den Erfindern angegebenen Zahlen als Ausdrücke für die specifische Wärme der Körper an, da die mehresten die bey der Formänderung frey gewordene latente Wärme anzeigen. Erinnerungen gegen den Apparat selbst hat Hr. Wedgwood gemacht.

Lavoisier traité de chimie T. II. à Paris 1789. 8. S. 387. Bracker vom Wärmestoff, Wien u. Leipz. 1786. 4. S. 173. ff. *Wedgwood*, in den *philos. Trans.* Vol. LXXIV. S. 371.

§. 735. Ueberhaupt werde ich immer mehr geneigt, alles das, was man specifische Wärme nennt, für latente Wärme zu halten, und die erstere ganz aufzugeben. Denn selbst die sogenannte fortgepflanzte Wärme, in so fern sie dem durch die Zwischenräume der Körper frey hindurchstrahlenden Wärmestoff entgegengesetzt wird, ist nichts anders, als die adhärirende Wärmematerie, die theils durch die bewirkte Ausdehnung der Körper, oder durch das Streben, sie flüssiger zu machen oder sie in Dampfform zu bringen, was sie doch auch endlich wirklich hervorbringt, unmerkbar oder insensibel wird. Nur die freye strahlende Wärmematerie, oder die, welche nicht sogleich zur latenten wird, ist es, welche die Temperatur hervorbringt. Und in der That, wenn man überlegt, daß die dem liquiden Wasser mitgetheilte Wärme zur Verwandlung desselben in Dampf verwandt wird, muß man da nicht ein Mistrauen auf alle die Versuche über die specifische Wär-

me setzen, bey denen man das Wasser zum Maaßstabe brauchte, wie es bis jetzt geschehen ist?

§. 736. Die Erzeugung der Wärme durch Reiben bey festen Körpern möchte sich wol ebenfalls aus der Freywerdung des in den Körpern befindlichen latenten Wärmestoffs vermittelst des mechanischen Druckes oder Stoßes der Theilchen des Körpers erklären lassen. Vielleicht könnte sie auch von der dadurch bewirkten Zersetzung des Brennstoffs herrühren, zumal da wir auch gewöhnlich dabey zugleich Licht wahrnehmen.

Wärmeleitende Kraft der Körper.

§. 737. Wenn es für den strahlenden Wärmestoff eine undurchdringliche Hülle gäbe, so würde der darin eingeschlossene Körper stets die Temperatur behalten, die er einmal hat, da die Intensität seines Wärmestoffs durch Verbreitung nicht geschwächt würde. Es existirt aber keine Materie in der Natur, die für die Wärmetheilchen undurchdringlich wäre (§. 682.).

§. 738. Die Erfahrung lehrt aber, daß die verschiedenen Körper den Wärmestoff nicht gleich schnell durchlassen, und bey gleicher Temperatur einen und eben denselben in ihnen eingeschlossenen Körper von der höhern Temperatur, bey übrigens gleichen Umständen, nicht in gleichen Zeiten um gleich viel Grade abkühlen lassen. So lehren schon alltägliche und gemeine Erfahrungen, daß wir durch wollene Kleider und Bedeckungen uns mehr vor der Kälte schützen können, als ohne diese; daß wir uns in

Feder-

Federbetten, auch in Zimmern, die unter dem Gefrierpunct kalt sind, in der zum Leben nöthigen Temperatur unseres Körpers erhalten können, wenn wir daselbst in einer Hülle von Metall ohnfehlbar erstarren müßten; daß ein erhitzter Körper schneller im Wasser abgekühlt wird, als in Luft von eben der Temperatur; daß Bäume mit Stroh umwunden vor dem Winterfroste besser geschützt werden, als ohne diese Bedeckung; daß es unter Strohdächern im Sommer kühler und im Winter wärmer ist, als unter Ziegeldächern; daß Eisgruben mit hölzernen Bekleidungen den Eindrang der äußern Wärme ungleich länger abhalten, als mit steinernen Wänden; daß eine Eisenstange mit einem hölzernen Handgriff sich an diesem ohne Verletzung der Hand anfassen läßt, wenn sie an ihrem Ende glühend gemacht wird, da sie hingegen mit dem metallenen Handgriff bald eine verletzende Wärme erlangen würde; daß unter der Hülle des Schnees die Temperatur des Bodens weit länger warm bleibt, als wenn er von der Luft allein berührt wird; daß wir unter Asche erwärmte Flüssigkeiten länger warm erhalten können, als in der Luft, u. d. gl. mehr.

§. 739. Wir schreiben diesemnach demjenigen Körper, der die Wärmetheilchen schneller durch sich durchläßt, als ein anderer, oder in kürzerer Zeit bey gleicher Oberfläche durch einerley Wärmestrom von einerley Temperatur zu einer gleichen Anzahl von Graden erhitzet wird, eine größere wärmeleitende Kraft zu, als einem andern; und gründen hierauf den Unterschied zwischen guten und schlechten Leitern für die Wärmematerie. Einen vollkommenen Nichtleiter für die Wärme giebt es nicht.

§. 740.

§. 740. Indessen herrschen bey den Physikern zum Theil noch widersprechende Vorstellungen von dem, was sie unter wärmeleitender Kraft der Körper verstehen, und sie haben sich noch nicht gehörig über den Begriff davon vereiniget. Wenn z. B. ein bis zum Siedepunct erhitztes Thermometer in eine Masse schmelzenden Schnee gestellt wird, so wird es darin weit schneller zu der Temperatur des schmelzenden Schnees herabkommen, als in Luft von eben dieser Temperatur. Ich muß also dem schmelzenden Schnee eine stärkere wärmeleitende Kraft zuschreiben, als der Luft. Wenn ich aber diese darnach bestimme, ob ein Körper schneller oder langsamer, folglich in kleinerer oder in größerer Zeit, bey gleichem Volum zu einerley Anzahl von Graden durch einerley Wärmestrom erhoben werden kann, so muß ich der Luft eine stärkere wärmeleitende Kraft zuschreiben, als dem Schnee, weil ich finde, daß diese weit schneller vom Gefrierpunct an zu einer gewissen Temperatur kömmt, als der Schnee.

§. 741. Man muß sich also erst über die Bestimmung der wärmeleitenden Kraft einverstehen, ehe man die Erklärungen davon machen, und ihren Gesetzen nachspüren will. Ich bestimme sie daher, mit Hrn. Thompson, von dem wir die zahlreichsten Versuche über diesen Gegenstand haben, für das **Vermögen der Körper, bey übrigens gleichen Umständen, die Abkühlung eines darin eingeschlossenen erhitzten Körpers schneller oder langsamer zuzulassen.** Der Körper, der diese Abkühlung schneller zuläßt, ist ein besserer Leiter, als der, welcher sie langsamer, oder in längerer Zeit zuläßt. Im gemeinen Leben nennen wir schlechte Leiter für die Wärme,

me, z. B. Wolle, Federn, Haare, Pelzwerk, warme, auch warmhaltende Körper.

§. 742. Erst in neueren Zeiten hat man diesen Gegenstand, der in Ansehung des Nutzens, welcher sich von seiner Bearbeitung für Künste und Gewerbe und für die Gesellschaft überhaupt, so wie selbst für die Erklärung mehrerer Naturphänomene daraus ziehen läßt, so überaus wichtig ist, zu bearbeiten angefangen. Das Verfahren, dessen sich Hr. Thompson in seinen neuern Versuchen bedient hat, besteht darin, ein empfindliches Quecksilberthermometer mit hinreichend breiter Scale in einer cylindrischen Glasröhre mit einer Kugel so aufzuhängen, daß die Kugel des Thermometers in der Mitte der Kugel dieses Gefäßes steht; den Zwischenraum mit der Substanz, deren respective wärmeleitende Kraft man bestimmen will, zu gleicher Höhe auszufüllen, den Apparat in kochendem Wasser bis zu einerley Temperatur zu erhitzen, hernach in einer kaltmachenden Mischung aus Eis und Wasser von hinlänglicher Masse wieder abzukühlen, und nach einer Secundenuhr genau die Zeit zu merken, welche verfließt, ehe das Thermometer von 70 Gr. R. bis 10 Grad herabsinkt, und zwar von 10 Gr. zu 10 Gr. Man sieht leicht, daß die Leitungskraft der Substanz für die Wärme im umgekehrten Verhältniß der gefundenen Zeit der Abkühlung stehen muß. Versuche über die wärmeleitende Kraft der Körper haben Richmann, Thompson, Ingenhousz, Pictet und Mayer angestellt. Die Resultate, die sie daraus ziehen, weichen oft von einander ab.

New Experiments upon Heat, by *Colon. Sir Benjamn. Thompson*, Lond. 1786. 4. Experiments upon Heat, by

by Major-General Sir Benjam. Thomson; in den philos. Trans. 1792. P. I. S. 48. ff. Mayer vom Wärmestoff S. 228. ff. Ueber das Gesetz, welches die Leitungskräfte der Körper für die Wärme befolgen, von Hr. H. R. Mayer; in Grens Journ. der Phys. B. IV. S. 22. Ingenhousz über die Leitungskraft der Metalle für Wärme; ebendaselbst B. I. S. 154. Pictet Vers. über das Feuer, Cap. 4 — 5. 6.

§. 743. Die wärmeleitende Kraft der Körper hängt hauptsächlich von dem Vermögen derselben ab, die strahlende Wärmematerie zur unmerkbaren zu machen, beym Schmelzen oder Verdunsten oder auch selbst bey der Ausdehnung. Ist nemlich ein erhitzter Körper mit einem leicht schmelzbaren oder verdunstbaren kältern umgeben, so wird die aus ihm auf den letzten strahlende Wärme schnell und leicht zur latenten gemacht, die nicht wieder zurückstrahlt, und der erhitzte Körper verliert so desto leichter seinen Ueberschuß der Temperatur, oder seiner freyen Wärme. Wenn hingegen der Körper nicht eigentlich zu den schmelzbaren oder verdunstbaren gehört, dergleichen Baumwolle, Federn, Wolle, Haare, Holz, Kohlen, Ruß, Asche, Bärlappsaamen, u. a. sind, so kann, wenn sie um einen erhitzten Körper herum eine Hülle bilden, nur der Theil der freyen Wärme frey ausströmen, der auf die in gerader Linie liegenden Zwischenräume trifft; der Theil, welcher intercipirt wird, wird wieder zurückgeworfen, und es wird solchergestalt die Abnahme der Temperatur weit langsamer erfolgen, als da, wo dieser intercipirte Antheil verschluckt wird, und seine Strahlung, folglich seine warmmachende Kraft, verliert. Bey dem Abkühlen der Körper in der Luft und andern expansiblen Flüssigkeiten ist noch zu erwägen, daß die erwärmten Lufttheilchen emporsteigen, und andern kältern Platz

ma-

machen; folglich der Körper nicht mit dem unbewegten Medium umgeben ist, was doch auf die Resultate so beträchtlichen Einfluß hat.

Die wärmeleitende Kraft des leeren Raums, wovon Hr. Thompson spricht, ist nichts anders, als die wärmeleitende Kraft der Hülle, die den leeren Raum begränzt, und namentlich in den Versuchen der Hr. Thompson und Pictet die wärmeleitende Kraft des Glases.

Die Formel, daß sich die Leitungskraft der Körper für die Wärme umgekehrt verhalte, wie das Product aus dem specifischen Gewichte (p) derselben in ihre specifische Wärme (c) oder $= \frac{1}{pc}$ sey, ist in der That zu voreilig. Das Zusammentreffen des von Hr. Mayer angeführten Gesetzes mit den Erfahrungen, ist bey den wenigen angeführten Fällen, mehr für zufällig, als wesentlich zu halten. Hr. von Humboldt hat darnach eine Tabelle berechnet, gegen die sich manches erinnern läßt. (Entwurf zu einer Tafel für die wärmeleitende Kraft der Körper; in Crells chem. Annalen 1792. B. I. S. 423. ff.)

Aus der angeführten Ursach, welche die besser oder schlechter leitende Eigenschaft der Körper für die Wärme bestimmt, läßt sich dann auch das von Hrn. Saussure beobachtete Phänomen, womit auch Hrn. Pictets Versuch übereinkömmt, erklären, aus denen Hr, de Luc beweisen will, daß die Sonnenstrahlen nicht an sich warmmachend sind.

(Saussure Reisen durch die Alpen §. 932. De Luc; in Grens Journ. d. Phys. B. IV. S. 233.)

Hieher gehört auch Ducarla's Wärmesammler oder Condensator der Wärme. (Lichtenbergs Magaz. für das Neueste aus der Phys. B. II. St. 4. S. 113.)

* * *

§. 744. Wenn der Wärmestoff in den Körpern durch die Cohärenz mit ihren Theilen zum unmerkbaren, und so seine ursprüngliche Expansivkraft ruhend gemacht wird, so hebt er auch dagegen die Schwerkraft der Theilchen, mit denen er verbunden wird, auf, (§. 343.) und bewirkt solchergestalt eine Ab-

nah-

nahme des Gewichts des ganzen Körpers. Bey erhitzten Körpern ist freylich die Abnahme ihres Gewichts zum Theil von der Zunahme ihres Voluminis herzuleiten, wodurch nun ihr respectives Gewicht beym Wägen in der Luft kleiner werden muß, da das Wägen in der Luft als eine Art des hydrostatischen Wägens anzusehen ist. Indessen ist bey mehreren Körpern diese Rarefaction derselben nicht groß genug, um daraus allein die Gewichtsabnahme erklären zu können. Es ist lächerlich, sie aus der Verdünnung der Luft umher ableiten zu wollen, da diese offenbar die Vermehrung des respectiven Gewichts hervorbringen müßte. Was es außer allen Zweifel setzt, daß der Wärmestoff durch seine Verbindung mit dem schweren Stoff das Gewicht desselben vermindern kann, ist die Erfahrung, daß bey gleichem Volum und gleicher Temperatur des Ganzen das Gewicht abnimmt, wenn freyer Wärmestoff latent wird, und zunimmt, wenn der latente Wärmestoff wieder geschieden wird. Dies fand Fordyce beym Gefrieren des Wassers in einem zugeschmolzenen Glase, und beym Aufthauen desselben; und Hr. Eimbke bey dem Löschen des Kalks in verschlossenen Gefäßen beym Abwägen vor und nach dem Löschen des Kalkes in einerley Temperatur. Hrn. Hindenburgs Einwürfe gegen die Folgerung daraus, treffen sie also ganz und gar nicht.

Ueber den Verlust des Gewichts, welchen die geschmolzenen oder erhitzten Körper erleiden, von Hrn. Fordyce, in Lichtenbergs Magaz. für Phys. B. IV. St. 4. S. 49. ff. Einige Versuche über den Wärmestoff, von G. Eimbke, in Grens Journ. d. Phys. B. VII. S. 31. *Carol. Frider. Hindenburg* Pr., quo ostenditur, calorem et phlogiston non esse materias absolute leves. Lips. 1790. 4.

Vier-

Vierter Abschnitt.

W a s s e r.

§. 745.

Das Wasser ist im Zustande seiner Reinigkeit eine farbenlose, durchsichtige, unschmackhafte, geruchlose, unentzündliche Flüssigkeit, die allerdings etwas Elasticität besitzt, und compressibel ist, wie Zimmermanns und Abichs Versuche, die Fortpflanzung des Schalles durch das Wasser, und das Abspringen harter Körper von demselben beweisen.

Vergl. §. 335.

§. 746. Das Wasser hat seine Flüssigkeit nur vom Stoff der Wärme (§. 338.), und es gehört zu den sehr schmelzbaren Substanzen. Bey Verminderung der freyen Wärme unter 32° Fahr. wird es fest oder zu Eis, wobey es dann wieder den vorher latent gemachten Wärmestoff entläßt. Die Entstehung des Eises ist im Grunde eine Art von Crystallisation (§. 130.). Es nimmt dabey unter den gehörigen Umständen eine regelmäßige Gestalt an, und bildet sich gewöhnlich in Nadeln, die unter einem Winkel von 60° sich durchkreuzen.

§. 747. Bey diesem Gefrieren des Wassers entwickeln sich die Luftarten, die im Wasser aufgelößt waren, als kleinere oder größere Blasen, die in der Masse des Eises zerstreuet sind. Diese bringen dadurch manchmal sehr besondere Erscheinungen hervor, und von der Menge derselben hängt auch die größere oder geringere Undurchsichtigkeit des Eises ab.

ab. Merkwürdig ist es, daß auch gekochtes und von Luft befreytes Wasser beym Gefrieren doch dergleichen Blasen zeigt. Sollte hier wol nicht, nach Herrn Lichtenbergs Meinung, die Entwickelung der im Wasser latent gewesenen Wärme durch Verwandlung einiger Theile desselben in elastischen Dampf an der Entstehung dieser Blasen Antheil haben können?

§. 748. Das Wasser dehnt sich beym Gefrieren in einen größern Raum aus. Dies rührt theils und hauptsächlich von der Lage seiner Theile her, welche sie beym Crystallisiren annehmen, und dadurch Zwischenräume zwischen sich lassen; theils von den entwickelten Luft- oder Dampfblasen. Von dieser Ausdehnung des Eises bey seiner Entstehung aus dem Wasser ist es herzuleiten, daß gläserne Flaschen, die mit Wasser gefüllt und verschlossen sind, beym Gefrieren des Wassers zerspringen, und daß dadurch selbst eiserne Bomben mit großer Gewalt zersprengt, Bäume und Felsen von einander gerissen, das Pflaster auf den Straßen gehoben werden kann. Von dieser Ausdehnung rührt es auch her, daß das Eis ein geringeres specifisches Gewicht hat, als das Wasser, und auf dem Wasser schwimmt (S. 240.).

§. 749. Merkwürdig ist es, daß das Wasser eine etwas stärkere Kälte ertragen kann, ohne zu gefrieren, wenn es in genau zugestopften Gefäßen der Kälte ausgesetzt wird, als beym Zugange der freyen Luft. Eine starke Erschütterung bringt aber dies Wasser augenblicklich zum Gefrieren, und gewöhnlich zu einer schäumigen, mit vielen Luftblasen angefüllten Masse. Auch wenn die Oberfläche des Was-

sers

sers mit Oehl bedeckt ist, so kann es, ohne zu gefrieren, eine stärkere Kälte ertragen, als das Wasser, das der freyen Luft ausgesetzt ist; und wird ebenfalls durch Umrühren oder Schütteln hernach schnell zu Eise. Sollte hiebey wol nicht die nöthige Entwickelung der verborgen gewesenen Wärme länger zurückgehalten werden, als bey Berührung der freyen Luft? Die Ursach, warum feste Salze das Gefrieren des Wassers hindern, worin sie aufgelöst sind, und schwache Salzlaugen durch den Frost concentrirt werden können, indem nur das Wäßrigte gefriert, erhellet aus dem oben (§. 730.) Angeführten. Sie verschlucken nemlich eine größere Menge von Wärmestoff, und halten ihn stärker zurück, als bloßes Wasser, das ohne Ausscheidung dieser größern Menge der unmerkbaren Wärme nicht gefrieren kann. Die Rückkehr des Eises zum tropfbaren Wasser, oder das **Aufthauen** desselben geschiehet durch die Aufnahme des freyen Wärmestoffs, der dadurch, daß er dem festen Wasser Flüssigkeit ertheilt, wieder unmerkbar wird.

§. 750. Auch ohne zu gefrieren ist das Wasser vermögend durch innige Verbindung mit festen Körpern in den Zustand der Festigkeit und der mehrern Feuerbeständigkeit überzugehen. So haben alle organische Körper Wasser als einen Bestandtheil in sich; und in allen Crystallen der Salze, so wie auch der mehresten Erden, macht es einen wesentlichen Theil aus. Sie verlieren daher durchs Feuer ihre Crystallengestalt und Durchsichtigkeit, und mehrere auch schon durch die Verdunstung des Wassers in der Temperatur der warmen Luft, und **verwittern** dann oder zerfallen zu einem lockern, nicht mehr zusammenhän-

gen-

genden Staub, der hernach wieder das Wasser, mit welchem man ihn aufs neue zusammenbringt, mit vieler Kraft bindet und verschluckt.

Beyspiele geben die Crystalle des Glaubersalzes und Mineralalkali, des Gypses, des Kalkspaths; das Verwittern des Glaubersalzes und Mineralalkali, u. a.; das Brennen des Gypses; das Verhärten des zerfallenen Glaubersalzes, des Gypses, des gebrannten Kalkes mit Wasser.

§. 751. Das Wasser ist ein Auflösungsmittel für eine große Anzahl von Körpern. Besonders ist es das eigentliche Auflösungsmittel für die Salze, und durch deren Hülfe kann es dann auch wieder vermittelst der aneignenden Verwandtschaft andere Körper auflösen, auf die es sonst nicht wirkt. Auch auf die atmosphärische Luft sowohl, als verschiedene andere Luftarten, zeigt es einige auflösende Kräfte.

§. 752. Das Wasser ist in der Hitze flüchtig und verwandelt sich beym Sieden in **Dämpfe**. Es geht nun durch Verbindung mit mehrerem Wärmestoff in den Zustand der eigentlichen expansiblen Flüssigkeit, in **Wasserdampf** über. Die beym Sieden des Wassers vorkommenden Umstände sind schon oben (§. 711.) angeführt worden. Der Wasserdunst verliert seinen expansiblen Zustand durch mechanische Zusammendrückung und Abkühlung, und eben deswegen ist eine größere Hitze zum Sieden des Wassers oder zur Dampfbildung unter dem Drucke der Atmosphäre nöthig, als ohne diese im leeren Raume. Die Verwandlung des Wassers in Dampf geschieht indessen nicht bloß beym Sieden, sondern in jeder Temperatur, nur daß bey gleichem Druck der Atmosphäre desto weniger Basis (Wasser) mit einerley Quantität

von

von dem Wärmestoff in elastischer Form erhalten werden kann, je niedriger die Temperatur ist.

§. 753. Die sogenannte unmerkliche Ausdünstung des Wassers ist ebenfalls nichts anders, als die Verwandlung desselben in elastischen Dampf durch Beytritt und Verschluckung des Wärmestoffs. Sie geschiehet in der geringern Temperatur, und eben wegen der mindern Intensität des dem Wasser zugeführten Wärmestoffs in geringerer Menge und unmerklich. Daß aber bey dieser unmerklichen Verdunstung des Wassers ebenfalls Wärmestoff zum verborgenen gemacht werde, beweist die Abkühlung des Thermometers durch Wasser, das von seiner Oberfläche unmerklich verdunstet, und die beträchtliche Leitungskraft des Wassers für Wärme. Hrn. Watts Erfahrungen beweisen auch, daß das Wasser bey der unmerklichen Verdunstung verhältnißmäßig mehr Wärmestoff verschlucke, als beym Sieden.

De Luc; in Grens Journ. der Phys. B. VI. S. 325. ff.

§. 754. Da desto mehr latenter Wärmestoff nöthig ist, um die Basis des Wasserdampfs in elastischer Form zu erhalten, je größer der Druck der Atmosphäre, oder je kleiner die Temperatur des Dampfes ist, so sieht man leicht ein, daß die Verdunstung des Wassers durch Verdünnung der Luft und durch Erhöhung der Temperatur zunehmen müsse. Wenn also Wasserdunst in der Atmosphäre befindlich ist, und es nimmt der Druck derselben bey bleibender Temperatur zu, so muß ein Theil des Dampfes zersetzt, oder ein Theil seiner Basis als concretes Wasser niedergeschlagen werden; eben dies muß bey bleibendem Druck der Atmosphäre durch Verminde-

rung der Temperatur erfolgen, wo, wenn die Abkühlung bis unter den Gefrierpunct Statt hat, die ausgeschiedene Basis des Wasserdampfs als festes Wasser (Schnee, Reif) zum Vorschein kommen kann. Auf der andern Seite muß das aus dem Wasserdampfe in der Atmosphäre abgeschiedene Wasser durch Verminderung des Drucks derselben bey bleibender Temperatur, oder durch Vermehrung der Temperatur bey bleibendem Druck wieder von neuem in Dampf verwandelt, und so wieder völlig unsichtbar werden.

§. 755. Auf diese wechselseitige Zersetzung und Bildung des Wasserdampfes in der Luft gründen sich die bekannten Phänomene vom Sichtbarwerden unseres Hauchs in kalter Luft, und der Unsichtbarkeit desselben in warmer; das sogenannte Schwitzen, oder Anlaufen kalter Körper in feuchten und heißen Zimmern; das Schwitzen der Fenster in diesen Zimmern, wenn die äußere Luft kälter ist, als die innere; das Beschlagen der Gebäude beym Thauwetter nach anhaltendem Froste; das Beschlagen der Glocke der Luftpumpe bey Wiederhinzulassung der Luft nach vorhergegangener Verdünnung, u. d. gl. m.

§. 756. Andere Naturforscher erklären die unmerkliche Ausdünstung, wie ich schon oben (§. 719.) angeführt habe, lediglich aus der Auflösung des Wassers in der Luft. Sie nehmen an, daß die Luft nur eine bestimmte Menge Wasser auflösen könne, wo sie dann damit gesättigt sey. Ihr Sättigungsgrad sey aber, wie bey mehreren andern Auflösungsmitteln, nach der Temperatur verschieden; eine warme Luft löse mehr Wasser auf, als eine kalte. Wenn

das=

daher die Luft in der Wärme mit Wasser gesättigt sey, so schlage sich dies beym Erkalten daraus nieder, und werde bey zunehmender Wärme der Luft wieder aufgelöst; und hieraus erklären sie die vorher (§. 755.) angeführten Erscheinungen. Allein es läßt sich die Verdunstung nicht allein leichter und ungezwungener ohne diese Auflösung des Wassers in der Luft erklären, wie Hr. De Luc so gründlich dargethan hat, sondern es steht derselben auch entgegen, daß die Verdunstung ohne alle Luft stattfinden kann, je dann noch desto besser stattfindet; und daß die mit Wasserdunst beladene Luft bey gleicher Wärme und absoluter Elasticität, nach Saußure's Beobachtungen, ein geringeres eigenthümliches Gewicht hat, als die trockne, welches nicht seyn könnte, wenn das Wasser so in der Luft aufgelöst wäre, als ein Salz im Wasser aufgelöst ist. Es kann folglich das Wasser nur als der specifisch leichtere elastische Dampf in der Luft enthalten seyn.

§. 757. Die Atmosphäre ist nie von diesem Wasserdunste frey; und da ihr Druck und ihre Temperatur beständig Abwechselungen unterworfen ist, so geschehen immer bald Zersetzungen, bald neue Bildungen dieses Wasserdampfs darin; und die Luft erleidet solchergestalt Abwechselungen von Feuchtigkeit und Trockniß. Ein Werkzeug, welches bestimmt ist, die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzuzeigen, oder zu messen, heißt ein **Hygroscop**, oder **Hygrometer**. Die Substanz, welche durch ihre Veränderungen die in der Luft befindliche Feuchtigkeit anzeigt, heißt der **hygroscopische Körper**.

§. 758. Zuvörderst muß ich bemerken, daß nur das liquide Wasser feuchtmachend ist, nicht das feste oder das Eis, und nicht das dunstförmige. Feuchtigkeit bezieht sich also nur auf das Anhängen des liquiden Wassers an einen Körper, und das Wasser hört auf, feuchtmachend oder Feuchtigkeit zu seyn, wenn es zum festen Wasser oder zum Dampf wird. Es irren also einige sehr, wenn sie glauben, daß das Hygrometer die Anwesenheit oder Abwesenheit aller wässerigten Basis in der Atmosphäre anzeigen solle, und also auch den elastischen Wasserdampf. Die Erfahrung des Hrn. De Luc und Watt lehrt vielmehr, daß eine empfindliche hygroscopische Substanz im Wasserdampfe, der durch die nöthige Wärme durchaus in elastischem Zustande erhalten wird, auf Trockniß zeige. Nur dann, wenn ein Theil des Dampfes durch Abkühlung oder Zusammendrückung zersetzt wird, entsteht Feuchtigkeit im Dampfe durch die jetzt abgeschiedene wässerigte Basis.

§. 759. Man hat eine gar große Menge Körper zu der hygroscopischen Substanz der Hygrometer vorgeschlagen, und ist besonders auch in der Bestimmung der festen Puncte der hygrometrischen Scale sehr schwankend gewesen. Allein erst durch die schätzbaren Bemühungen und scharfsinnigen Untersuchungen der Herren Saußure und De Luc sind feste Grundsätze in der Hygrometrie eingeführt worden. Das Hygrometer des Hrn. Saußure besteht aus einem Menschenhaar, das durch Kochen in einer Lauge des luftsauren Mineralalkali von seiner Fettigkeit befreyet worden, an einem festen Puncte angehängt, und am andern Ende mit einer dünnen Welle in Verbindung ist, die einen Zeiger auf einer Scheibe drehet.

het. Durch die Feuchtigkeit wird das Haar schlaff, es verlängert sich, und das kleine Gegengewicht an der Welle drehet diese. Durch Trockniß verkürzt es sich, und überwindet das Gegengewicht der Welle. Den Punct der größesten Feuchtigkeit bestimmte der Erfinder unter einer gläsernen Glocke, die mit Wasser gesperrt und inwendig mit Wasser befeuchtet worden ist; den Punct der größesten Trockniß aber unter einer gläsernen Glocke, die auf einem bis zum Glühen erhitzten, mit ausgeglühetem Gewächsalkali bedeckten Bleche steht. Den Abstand der Puncte des Zeigers auf der Scheibe in der größesten Feuchtigkeit und Trockniß theilt er in 100 gleiche Theile. Hr. De Luc hat theils gegen die Anwendbarkeit des Haares selbst, und aller Fäden überhaupt, theils gegen die Bestimmung der festen Puncte des Hrn. von Saußure, viele auf neue und wiederholte Thatsachen gegründete Bemerkungen gemacht, die wol keinen Zweifel lassen, daß das von ihm vorgeschlagene Fischbeinhygrometer beträchtliche Vorzüge habe. Es besteht aus einem sehr dünnen Streifen Fischbein, der nicht in der Länge, sondern in der Queere der Fibern des Fischbeins geschnitten, unten an einem festen Puncte angehängt, und eben auch mit einer feinen Welle in Verbindung ist, die auf einer Scheibe einen Zeiger drehet. Als Gegengewicht an der Welle dient ein spiralförmig gewundenes feines Golddrath, das an dem einen Ende befestigt, und an dem andern mit der Welle verbunden ist. Den Punct der größesten Feuchtigkeit bestimmt er durch unmittelbares Eintauchen der hygroscopischen Substanz in Wasser, und den Punct der größesten Trockniß in einem genau verschlossenen und mit

frisch

frisch ausgeglühetem ungelöschtem Kalk zum Theil angefüllten zinnernen Gefäße, worin er das Hygrometer aufhängt. Den Abstand beider Puncte, die der Zeiger auf der Scheibe angiebt, theilt er in 100 gleiche Theile.

Saussures oben (§. 720.) angeführte Schrift. Gehlers phys. Wörterbuch, Th. II. S. 661; De Lüc neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. Cap. 1—3. Ebendesselben Abhandl. über die Hygrometrie, a. d. *philos. Transactions Vol. LXXXI.* 1791. übers. in Grens Journ. der Phys. B. V. S. 279. ff.

§. 760. Ohngeachtet dies Werkzeug ebenfalls nicht die absoluten Quantitäten des in einem gegebenen Volum der Luft befindlichen Wassers anzeigt, sondern nur, ob die Feuchtigkeit größer oder geringer sey, so bleibt es doch ein überaus schätzbares Werkzeug, von dessen mehr ausgebreiteter Anwendung in der Naturlehre sich noch viele Aufschlüsse mancher Operationen der Natur erwarten lassen.

§. 761. Das Wasser ist endlich auch fähig, in den Zustand einer permanent elastischen Flüssigkeit überzugehen, oder zur Luft zu werden, die nicht wie der Dampf durch Kälte und Zusammendrückung ihre Basis, das Wasser, entläßt. Man schütte zu dem Ende reines destillirtes Wasser in eine kleine gläserne Retorte, lege sie in ein Sandbad, kütte den Kopf einer langen irdenen Tobackspfeife an ihre Mündung, bringe das untere Ende der Pfeifenröhre unter Wasser in einem Gefäße oder unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne des pneumatischen Apparats, umgebe den mittlern Theil der Pfeifenröhre mit glühenden Kohlen, und mache ihn durchaus glühend; dann bringe man das Wasser in der Re-

torte zum Kochen. So wie nun die Dämpfe des kochenden Wassers durch den glühenden Theil der Röhre streichen, verwandeln sie sich in eine wahre luftförmige Flüssigkeit, die das kalte Wasser aus den Gefäßen, worin man sie auffängt, austreiben. Diese Luft ist größtentheils Stickluft oder phlogistisirte Luft mit etwas weniger respirabeler verbunden. Eine andere Methode, diese Verwandlung des Wassers in Luft, durch das Ablöschen glühender Körper darin, zu beweisen, hat Hr. Para angegeben.

Theorie des nouvelles decouvertes en genre de Physique et de Chymie, par Mr. *Para*. à Paris 1786. 8. S. 511.

§. 762. Es scheint mir keinem Zweifel unterworfen zu seyn, daß hier die Lichtmaterie aus dem Glühen zu gleicher Zeit mit dem Wärmestoff an das Wasser trete, und eine chemische Vereinigung der Basis der elastischen Flüssigkeit, nemlich des Wassers, mit dem Wärmestoff hervorbringe, da hingegen in dem Wasserdampfe bloß der Wärmestoff allein der Basis nur adhärirend, nicht eigentlich chemisch damit verbunden ist. Durch ein minderes Verhältniß der Lichtmaterie zur Basis jener Luft verwandelt sie sich in atmosphärische und endlich in dephlogistisirte; wie da, wo das Wasser in der Glühehitze aus Körpern getrieben wird, die im Glühen eine stärkere Anziehung zur Materie des Lichts besitzen, als das Wasser, z. B. aus Braunstein, Salpeter, rothem Quecksilberkalk, deren anhängende Wassertheile solchergestalt als dephlogistisirte Luft ausgetrieben werden.

§. 763. Ueberhaupt werden die in der Folge bey den Luftarten angeführten Thatsachen beweisen, daß

daß das Wasser die Basis aller luftförmigen Flüssigkeiten, oder Gasarten ausmachen, und wie Hr. de Luc es ausdrückt, ihren ponderabelen Theil bilden helfe.

§. 764. Das Wasser rechne ich übrigens zu den einfachen und elementarischen Substanzen (§. 50.). Die Verwandlungen desselben in Erde, die schon Thales behauptete, Helmont, Boyle und Eller durch Versuche mit dem Wachsen der Pflanzen durch bloßes Wasser, Borricke, Boyle, Wallerius, Eller, Marggraf durch Destillation des Wassers aus gläsernen Gefäßen, oder durch Reiben desselbigen beweisen wollten, hat sich bey genauerer Untersuchung von Lavoisier, Scheele, Dalberg, nicht bestätigt.

Lavoisiers phys. chemische Schriften, übers. von Weigel, B. II. 1785. S. 29. ff. in den Anm. der Uebers.

§. 765. Aus den in der Folge anzubringenden Versuchen von der Verwandlung des Wassers in entzündbares Gas, wenn seine Dämpfe durch glühende eiserne Röhren gehen, und in luftsaures und entzündbares, wenn sie in einer glühenden irdenen Röhre durch Kohlen streichen; ferner aus dem zum Vorschein Kommen des Wassers beym Abbrennen des entzündbaren Gas und der Lebensluft, und aus der nahen Uebereinstimmung des Gewichts dieses Wassers mit dem Gewicht der verschwundnen Luftarten, schließen Hr. Lavoisier und die Anhänger der antiphlogistischen Chemie, daß das Wasser zusammengesetzt sey, aus einem eigenthümlichen Stoffe, der die Basis des entzündbaren Gas ausmache, und den sie *Hydrogène* (Wasserstoff) nennen, und dann aus einem andern, der die Grundlage der Lebensluft

luft bilde, und der Grund der Säureerzeugung sey, dem sie den Nahmen *Oxygène* (Säuerstoff) beygelegt haben. Sie glauben, daß das Wasser sehr nahe aus 85 Theilen des Hydrogène und 15 Theilen des Oxygène bestehe. Allein die von den Vertheidigern der Lehre von der Zusammensetzung des Wassers angeführten Versuche beweisen nicht nur nicht, was sie beweisen sollen, sondern es werden auch die Folgerungen, die sie daraus ziehen, durch andere Versuche geradezu umgestoßen; wie die Folge bey der Lehre von den Gasarten lehren wird.

Lavoisier traité de chimie T. I. S. 87. ff.
Grens Prüfung der neuern Theorien über Feuer, Wärme, Brennstoff und Luft, im Journ. d. Phys. B. II. S. 314. ff. B. III. S. 483.

Fünfter Abschnitt.

Luft und Gasarten.

§. 766.

Unter Luft (aër) verstehen wir hier alle permanent elastische, farbenlose, durchsichtige, unsichtbare, in gläsernen und metallenen Gefäßen zurückzuhaltende, flüssige Wesen. Wir betrachten sie hier erst nach ihren physischen Eigenschaften, und nachher nach ihrer Mischung; und zwar beschäfftigt uns in Hinsicht der erstern hier zuerst die atmosphärische oder gemeine Luft, die unsere Erde allerwärts umgiebt, und die man auch wol im besondern Sinne unter dem Namen der Luft versteht. Sonst muß man aber die von allem Fremdartigen gereinigte Luft, von der Atmosphäre selbst, oder der ganzen, mit Dünsten

und aufgelösten flüchtigen Theilen angefüllten Luft unterscheiden.

§. 767. Die Elasticität der Luft äußert sich dadurch, daß sie sich durch vermehrten Druck in einen kleinern Raum pressen läßt, sich aber bey vermindertem Druck in einen größern Raum ausdehnt. Diese Elasticität ist beständig und permanent, und kann weder durch Kälte, noch durch Druck aufgehoben werden.

Eine mit Luft gefüllte Blase läßt sich zusammendrücken, dehnt sich aber sogleich nach Aufhörung des Druckes wieder in den vorigen Raum aus.

Die zusammengedrückte Luft treibt den Stempel in einem metallenen Cylinder sogleich wieder zurück.

Die Cartesianischen Teufelchen (§. 312.).

§. 768. Dies Zusammendrücken der Luft geschiehet am bequemsten vermittelst der **Druckpumpen** und **Compressionsmaschinen**, deren besondere Einrichtung in den Vorlesungen selbst gezeigt wird.

Ich bediene mich der bequemen Winklerschen Compressionsmaschine mit einigen Abänderungen. (Winklers Anfangsgr. der Phys., Leipz. 1754. 8. S. 130.)

§. 769. Die Luft ist aber nicht allein elastisch, sondern auch schwer, und übt deswegen Druck aus. Wenn man eine gläserne recht trockene Röhre, die an einem Ende geschlossen und länger ist, als 28 Zoll, mit reinem Quecksilber ganz anfüllt, das offene Ende mit dem Finger zuhält, hierauf umkehrt, und nachdem man es in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht hat, die Röhre vertical hält und den Finger vor der Oeffnung wegzieht, so bleibt das Quecksilber darin etwa 28 paris. Zoll über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße zurück, durch den Druck der Luft, der

auf die Fläche des Quecksilbers im Gefäße einseitig ist. **Evangelista Torricelli** stellte diesen an Folgerungen so fruchtbar gewesenen Versuch zuerst im J. 1643 an, und bewies dadurch die Schwere der Luft. Die Röhre mit dem Quecksilber darin heißt daher auch die **Torricellische Röhre** (tubus torricellianus), und der leere Raum über dem Quecksilber in der Röhre die **Torricellische Leere** (vacuum torricellianum).

Casp. Schotti Technica curiosa. Herbipol. 1664. 4. l. III. S. 192. ff.

Daß aber der Druck der Luft von dem angeführten Phänomen die Ursach sey, das folgt nicht nur unmittelbarer Weise aus ihm selbst, sondern wird auch dadurch bestätigt, 1) daß durch Wegnahme der Luft über der Fläche des Quecksilbers im Gefäße, unter der Luftpumpe, nach einem in der Folge anzustellenden Versuch, das Quecksilber in der torricellischen Röhre herabsinkt; 2) daß das Quecksilber ganz herausfällt, sobald die Röhre oben geöffnet wird, und also der Druck der Luft nicht mehr einseitig ist; 3) daß das Quecksilber nach hydrostatischen Gesetzen in der Röhre um eben so viel höher steigt, als das Niveau des Quecksilbers außerhalb höher wird; 4) daß, wenn die Röhre enge genug ist, beym senkrechten Herausziehen derselben aus dem Gefäße das Quecksilber in derselben in die Höhe getrieben wird, und oben hängen bleibt.

§. 770. Da der Druck der Luft so groß seyn muß, als der Gegendruck des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre, so können wir hieraus mit Recht schließen, daß der Druck der Atmosphäre gegen jede gegebene Fläche so groß sey, als das Gewicht einer Quecksilbersäule von eben dieser Grundfläche, und der Höhe in der Torricellischen Röhre.

Ein paris. Cubikfuß Quecksilber wiegt nahe 950 Pfund cölln.; ein Cubikzoll, Duodecimalmaaß, 17 Loth 2$\frac{5}{8}$ Quentchen. Wenn also der Druck der Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll oder 2$\frac{1}{3}$ Fuß, so beträgt er gegen eine Fläche von einem Qua-

Quadratfuß $2216\frac{3}{4}$ Pfund, und von einem Quadratzoll 15 Pfund $12\frac{3}{4}\frac{5}{9}$ Loth kölln.

Um jede Linie, um welche das Quecksilber höher oder niedriger, als 28 Zoll ist, beträgt der Druck der Luft auf eine Fläche von einem Quadratfuß $6\frac{4}{7}$ Pfund mehr oder weniger.

§. 771. Da die Luft ein flüssiger Körper ist, so müssen auch die Luftsäulen unter einander bey gleichen Höhen und Dichtigkeiten im Gleichgewicht stehen; jede Luftsäule muß auch fähig seyn, statt ihrer benachbarten einen Körper von gleicher Schwere zu tragen, und ihr Druck muß sich zu Folge der hydrostatischen Gesetze nach allen Richtungen zu äußern.

Wenn der Druck der atmosphärischen Luft das Gleichgewicht hält mit einer Quecksilbersäule von 28 Zoll, so muß er auch das Gleichgewicht halten mit einer Wassersäule von 14. 28 Zoll, oder von $35\frac{1}{2}$ Fuß (paris.), da das Wasser ein 14 mal geringeres eigenthümliches Gewicht hat.

Auf diesen Druck der Luft gründen sich nun

1) Das Aufsteigen des Wassers in den Saugpumpen.
2) Das Aufsteigen des Wassers in Spritzen.
3) Der Stechheber.
4) Der magische Trichter.
5) Die Erscheinung, daß aus einem Glase mit enger Oeffnung beym Umkehren nichts herausläuft; daß der Hahn eines Fasses, dessen Spundloch geschlossen ist, nichts herausläßt; daß man in einem Glase durch vorgelegtes Papier bey unten gekehrter Mündung die Flüssigkeit darin zurückhalten kann.

§. 772. Es folgt ferner aus der Schwere der Luft nach hydrostatischen Gesetzen, daß der Druck der Luftsäule abnehmen müsse, wenn ihre Höhe, bey übrigens gleichen Umständen, abnimmt, und umgekehrt; daß folglich das Quecksilber in der Torricellischen Röhre in hohen Regionen der Atmosphäre nicht so hoch stehen könne, als in niedrigern, wie auch die Erfahrung lehrt, und Pascal zuerst 1648 fand.

An

An hochliegenden Orten kann daher auch eine Saugpumpe das Wasser nicht so hoch ziehen, als in niedrigern.

§. 773. Aus der Schwere und Elasticität der Luft, zusammengenommen, folgt, daß die Luft in verschiedenen Höhen nicht gleichförmig dicht seyn könne, sondern an den niedrigern Stellen dichter, und mehr zusammengepreßt seyn müsse, als an den höhern. Dieser Unterschied der Dichtigkeit der verschiedenen Luftschichten ist freylich in kleinen Höhen nicht merklich. Auf und an der Erde aber muß die Luft dichter und specifisch schwerer, und stärker zusammengedrückt seyn, als in höhern Regionen der Atmosphäre. Dies bestätigt die Erfahrung vollkommen.

§. 774. Der Druck der Luft kann sich nicht äußern, oder kann keine Bewegung hervorbringen, so lange er von allen Seiten gleich bleibt; er äußert sich aber so gleich, so bald er einseitig wird, oder auf beiden Seiten einer Flüssigkeit ungleich stattfindet. Hierauf gründen sich die Erscheinungen des Hebers (sipho).

1) Der gemeine Heber.
2) Der würtenbergische Heber.
3) Der Diabet der Alten.
   Heronis, Alexandrini, spiritalium liber. Amstelodam. 1716. 4. prop. 12.
   Muschenbroek introd. §. 2100.
4) Die Fraterna Caritas.
5) Kirchers Brunnen, wo ein Storch das Wasser aussäuft, was eine Schlange ausspeyet. (Karsten Anfangsgründe d. Naturl. §. 282.)

§. 775. Die Wirkung, welche ein elastisches cohärirendes Fluidum, dergleichen die Luft ist, äußert, muß ihrer Expansivkraft proportional seyn.

Ist

Ist also eine Masse Luft im Gleichgewicht, so muß die Expansiokraft jedes Punctes dem Drucke, den sie auf diesen Punct äußert, gleich seyn, und die Luft, die nach dem Zusammenpressen auf ein Hinderniß ihrer Expansion wirkt, muß darauf mit eben der Kraft wirken, mit der sie zusammengepreßt worden war. Es folgt hieraus, daß die Luft, die mit einer bestimmten Kraft in einem Gefäße zusammengedrückt worden ist, gegen die Wände dieses Gefäßes mit eben der Kraft wirke, als diejenige ist, mit der sie zusammengedrückt wird. Da nun die untern Schichten der Atmosphäre durch den Druck der darüberliegenden gepreßt werden, so muß die Dehnkraft jedes Theils dieser untern Luftschichten sich wie das Gewicht der über diesem Theil befindlichen Luftsäule verhalten, und wenn ein Theil davon in einem Gefäße eingeschlossen wird, so muß er darin eben die Kraft ausüben, als der Druck der Luftsäule betrug, den dieser eingeschlossene Theil der Luft vorher getragen hatte. Folglich muß auch in einem geschlossenen Gefäße die Luft, die mit der äußern nicht in Communication ist, das Quecksilber in der Torricellischen Röhre eben so hoch erhalten, als sie es zur Zeit der Einschließung im Freyen erhielt. Jeder Theil der atmosphärischen Luft wirkt also eben das durch seine Elasticität, was der Druck oder das Gewicht der Luftsäule im Freyen bewirkt, die jener Theil zu tragen hatte.

Van Swinden position. phys. T. II. S. 124. ff.

Die Täucherglocke (campana urinatoria).

§. 776. Wenn man etwas Luft in einer Blase einschließt, und nun den Druck der äußern Luft

dar-

darauf wegnimmt, wie unter der Glocke der Luftpumpe (§. 806.), so dehnt sich aus dem vorher (§. 775.) angeführten Grunde die in der Blase eingeschlossene Luft aus, und schwellt die Blase an. Wenn also Luft in Körpern eingeschlossen ist, und es wird die äußere verdünnt, und dadurch in ihrem Druck darauf vermindert, so äußert die eingeschlossene ihre Dehnkraft, und kann dadurch Bewegung hervorbringen.

Hieher gehört der Springbrunnen unter der Glocke der Luftpumpe und die Austreibung der Luft aus Körpern daselbst. (§. 806.).

§. 777. Wenn der Raum, in welchen eine Masse Luft eingeschlossen ist, vermehrt wird, so dehnt sich die Luft vermöge ihrer Elasticität in diesem vermehrten Raum aus, und ihre Dichtigkeit nimmt natürlicherweise ab. Die Dichtigkeit, die sie übrig behält, verhält sich zur vorigen, wie der Raum, den sie vorher einnahm, zu dem vermehrten Raum.

§. 778. Wenn auf eine tropfbare Flüssigkeit die Luft an zwey Stellen drückt, an der einen durch ihr Gewicht, an der andern aber, in einem Gefäße eingeschlossen, durch ihre Elasticität, und es wird nun in diesem Gefäße die Luft verdünnt, so wird das Gleichgewicht gehoben; die tropfbare Flüssigkeit wird durch den Druck der äußern Luft in das Gefäß getrieben, und steigt so hoch, bis der senkrechte Druck der aufgestiegenen Säule, und die Elasticität der darüber stehenden Luft das Gleichgewicht mit dem Drucke der äußern Luft hält.

Es werde eine Flasche von elastischem Harz, die zusammengedrückt ist, mit ihrer offenen Mündung in Wasser gehalten. So wie sie sich wieder ausdehnt, wird die Luft darin verdünnt, und das Wasser steigt darin

empor. Es gründen sich auf den angeführten Satz viele Phänomene. Dahin gehört:

1) Das Saugen der Kinder; 2) das Trinken; 3) das Tobackrauchen; 4) das Athmen; 5) die Wirkung der Schröpfköpfe; 6) das Aufsteigen des Wassers und anderer Flüssigkeiten in offenen Röhren, an deren oberm Ende die Luft durch Saugen verdünnt wird; 7) die Füllung der Blasebälge mit Luft; 8) die Wirkung der Milchpumpen aus elastischem Harz; 9) der intermittirende Brunnen.

(*Sturmii* colleg. experimentale, sive curiosum. Norimb. P. II. 1685. 4. p. 121. ff.)

10) Die Einrichtung der Ventilatoren.

(Triewald, in den schwed. Abhandl. J. 1741. B. VI. S. 254. ff. *Steph. Hales* Description du ventilateur, à Paris 1744. 8. Wilke, in den schwed. Abhandl. B. XXXII. S. 3. ff.

§. 779. Durch die Zusammenpressung der Luft wächst ihre Dichtigkeit und ihre Elasticität. Wird daher die Luft in einem Gefäße verdichtet, so nimmt ihre Reaction zu; und ihr Druck, den sie durch ihre Elasticität ausübt, verhält sich zum Druck der äußern Luft, die bloß durch ihr Gewicht wirkt, wie die Dichtigkeit jener zur Dichtigkeit von dieser. Wenn also die Luft durch Zusammenpressen in einem Gefäße noch einmal so dicht geworden ist, so reagirt sie von innen gegen den Widerstand, auf den die Luft von außen drückt, durch ihre Elasticität so stark, als wenn in dem Gefäße die Luft im gewöhnlichen Zustande, außerhalb aber alle Luft weggenommen wäre.

Van Swinden posit. physic. II. S. 131. Auf die vermehrte Gewalt der Luft beym Zusammendrücken gründen sich:

1) Die Wirkungen des Heronsballes (pila Heronis), worin man die Luft entweder durch Hineinblasen, oder wie bey dem größern metallenen, durch die Compressionsmaschine verdichtet. (Fonticulus compressionis). *Muschenbroe* introd. §. 2110.

2) Der Heronsbrunnen (*fonticulus Heronis*). *Hero* a. a. O. pr. 9. *Muschenbroek* introd. §. 2110.

3) Die

3) Die Windbüchse (sclopeta pneumatica).
Muschenbroek §. 2111. 2112.

4) Die magische Tonne.
Karstens Anfangsgr. der Naturl. §. 288.

§. 780. Man hat aus verschiedenen Versuchen geschlossen, daß der Raum, zu welchem eine Masse von Luft bey gleicher Temperatur durchs Zusammendrücken gebracht werden könne, sich umgekehrt verhalte, wie die drückenden Kräfte, oder die drückenden Gewichte, und daß folglich ihre Dichtigkeit beym Zusammendrücken im geraden Verhältniß stehe mit diesen drückenden Kräften. Dies Gesetz heißt gemeiniglich das Mariottische; sonst auch das Boylische. Bey den äußersten Gränzen der Verdichtung und Verdünnung fällt dies Gesetz freylich weg.

Mariotte opera. Hagae 1740. 4. T. I. p. 155. *Rob. Boyle* defensio doctrinae de elatere et gravitate aëris, adversus objectiones *Franc. Lini*; in seinen *operibus*, Genev. 1680. 4.

Bey der Anstellung des Versuchs zum Beweis dieses Gesetzes in einer gekrümmten gläsernen Röhre, die an dem einen Ende offen, und an dem andern geschlossen ist, worin man die Luft in dem geschlossenen Schenkel, durch Quecksilber in dem offenen, comprimirt, ist es nöthig, daß die Schenkel vollkommen gleich cylindrisch sind, daß die Luft vom Wasserdunst frey sey, und während dem ganzen Versuch einerley Temperatur behalte. Endlich muß auch das Quecksilber selbst keine neue Luft etwa hinzu bringen.

§. 781. Die Elasticität einer und derselben Luftmasse verhält sich umgekehrt wie die Räume, die sie einnimmt, und gerade wie die Dichtigkeit.

§. 782. Die Wärme wirkt auf die Luft, wie auf andere Körper; durch Vermehrung derselben wird sie ausgedehnt, durch Verminderung zusammengezogen. Ist die Luft in einem Gefäße eingeschlossen, so nimmt durch Vermehrung der Wärme ihre Ela-

sticität zu, durch Verminderung derselben nimmt sie ab.

Eine mit wenig Luft erfüllte Blase schwillt in der Hitze auf.

Im Luftthermometer drückt die durch die Wärme ausgedehnte und in ihrer Elasticität vermehrte Luft die Flüssigkeit in die Höhe.

Im Heronsball wird das Wasser durch erwärmte Luft zum Springen gebracht.

Die Feuerfontaine.

§. 783. In Ansehung des Maaßes der Ausdehnung der Luft durch eine bestimmte Anzahl von Graden der Wärme weichen die Resultate der Beobachter gar sehr von einander ab. Hr. De Luc nimmt an, daß sich die Luft vom Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte um $\frac{372}{1000}$, folglich für jeden Grad Aenderung des Quecksilberthermometers mit Reaum. Scale sich um $\frac{1}{215}$ ihres Voluminis ausdehne; und seinen Versuchen zu Folge nimmt man an, daß die Luft von der mittlern Temperatur (56 bis 60 Gr. Fahrenh.) bis zur Siedhitze des Wassers um $\frac{1}{3}$ in ihrem Volum wachse. Nach den Versuchen des Hrn. Roi hingegen zeigt bey 15° Gr. Reaum. jeder Grad Zunahme der Wärme an, daß der Umfang der Luft um $\frac{1}{170}$ zugenommen habe. Hr. von Saußure giebt ein anderes Verhältniß an, und nach ihm bringt zwischen dem 6° R. bis zum 22° ein Grad Aenderung des Thermometerstandes eine Aenderung des Voluminis der Luft um $\frac{1}{235}$ zu Wege. Nach den Erfahrungen der Herren Vandermonde, Berthollet und Monge dehnt sich die atmosphärische Luft, bey unverändertem Druck, um $\frac{1}{184,8}$ ihres Volums durch jeden Grad Reaum. aus. Indessen lehren die genauen Versuche

des

des Hrn. Morveau und Du Vernois, daß die Zunahme der Luft durch die Wärme progressiv ist, oder daß die Luft durch gleiche Quantitäten der Wärme nach dem Thermometermaaße um so viel mehr ausdehnbar ist, je mehr sie schon ausgedehnt ist. Nach den Versuchen derselben beträgt die Vermehrung des primitiven Volums der trocknen atmosphärischen Luft, beym Barometerstande von 26 Z. 9,5 Linien.

von 0 bis	20	Gr.	Reaum.	0,0789
0 —	40	—	—	0,2570
0 —	60	—	—	0,6574
0 —	80	—	—	0,9368.

Es beträgt diesemnach die Vermehrung des Volums

von 0 bis 20 Gr. Reaum. $0{,}0789 = \frac{1}{12{,}67}$

20 — 40 — — $0{,}1781 = \frac{1}{5{,}61}$

40 — 60 — — $0{,}4004 = \frac{1}{2{,}49}$

60 — 80 — — $0{,}2794 = \frac{1}{3{,}57}$

Ein Hauptumstand bey Versuchen dieser Art ist die Abwesenheit des Wasserdunstes in der Luft, da dieser sich ganz anders ausdehnt, als die Luft.

De Luc über die Atmosph. §. 607. *Schukburgh* in den *Philos. Transact. Vol. LXVII.* S. 363. ff. *Le Roi*, ebendas. S. 689. ff. Saussure Hygrometrie §. 113. *Vandermonde, Berthollet et Monge mem. sur le fer*, in den *Mém. de l' ac. roy. des sc.* 1786. S. 36. ff. Morveaus oben (§. 705.) angef. Abhandl.

Nach Robins wird die Luft von der mittlern Temperatur bis zur Hitze des glühenden Eisens um das Vierfache ihres Volums ausgedehnt.

§. 784. Die Versuche von Amontons, und die noch genauern von Roi lehren, daß die Elasticität einer und derselben Luftmasse, deren Dichtigkeit sich gleich bleibt, durch die Wärme nach eben dem Verhältnisse wachse, als sie durch dieselbe sich in einen größern Raum ausdehnen kann (§. 783.).

Amontons in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1702. S. 160. ff. *Le Roi* a. a. O.

§. 785. Aus der Verbindung dieses Satzes mit dem vorigen (§. 781.) folgt, daß die Elasticität von einerley Luftmasse im zusammengesetzten Verhältniß ihrer Dichtigkeit und Wärme, oder daß sie dem Producte ihrer Wärme in ihrer Dichtigkeit proportional sey.

Einen sehr bündigen Beweis dieses Satzes hat Hr. Lempe geliefert: Beytrag zur Aerometrie, von Joh. Fr. Lempe; in Grens Journ. der Phys. B. VII. H. 2.

§. 786. Da also die Elasticität der Luft durch die Wärme wächst, so kann auch eine dünnere Luft, welche erwärmt ist, einer dichtern, aber kältern, Luft das Gleichgewicht halten. Die erwärmte Luft breitet sich daher in der kältern aus, steigt in derselben empor, oder ergießt sich über diese hin.

Hierauf gründen sich

1) Die Wirkung der Wetterschächte, und die Wetterwechsel in Gruben.

Lomonosow, in den *nov. comment. petrop.* T. I. S. 267. ff. *Jars* in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1768. S. 218. ff.

2) Der Zug der Luft in den Windöfen.

3) Das Emporsteigen der Montgolfieren.

Van Swinden posit. phys. T. II. S. 220. ff. *Faujas de St. Fond* description de la machine aërostatique de Mons. *de Montgolfier.* à Paris 1784. T. I. II.

4) Die entgegengesetzten Ströme der Luft durch die geöffnete Thür eines geheizten Zimmers.

§. 787. Hierauf gründet sich ferner die Methode, Gefäße mit sehr enger Mündung mit Wasser oder andern tropfbaren Flüssigkeiten leicht zu füllen. Wird nemlich durch Erwärmung des offenen Gefäßes die darin enthaltene Luft so viel als möglich ausgetrieben:

hin, und dann die offene Mündung des heißen Gefäßes in die Flüssigkeit gestellt, so kann die darin zurückbleibende Luft beym Abkühlen nicht mehr dem Drucke der äußern Luft das Gleichgewicht halten, und diese treibt nun das Wasser in dasselbe hinein. Aus der Vergleichung des übrigbleibenden Raums, den jetzt die abgekühlte Luft im Gefäße noch einnimmt, mit dem Innhalte des Gefäßes, läßt sich der Grad der Verdünnung, den die Luft erlitten hatte, bestimmen.

§. 788. Wie stark sich die Luft zusammendrücken oder wie viel sie sich ausdehnen lasse, weiß man nicht. Ein gewisses Maximum der Dichte oder Dünne aber muß es geben, da sie wol nicht bis ins unendliche fortgehen können. **Hales** und **Richmann** brachten sie durch Zusammendrückung in einen 300 mal kleinern Raum. Bey der Entzündung des Schießpulvers im eingeschlossenen Raume ist indessen die Luft, die sich dabey bildet, im Augenblick ihrer Entwickelung gewiß in einen noch kleinern Raum gezwängt.

§. 789. Die Erfahrung lehrt, daß an einem und demselbigen Orte die Höhe des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre (§. 769.) nicht dieselbige bleibt, sondern zu verschiednen Zeiten bis auf eine gewisse Gränze größer oder kleiner ist. Es folgt hieraus, daß in der Atmosphäre Ursachen wirksam seyn müssen, die den Druck der Luft auf die Quecksilbersäule veränderlich machen. Weil also die Torricellische Röhre den Druck der Luft durch die damit correspondirende Quecksilbersäule anzeigt, so hat man ihr den Namen des **Barometers**, oder **Baroskops** gegeben; und weil mit der Veränderung des Drucks der Luft gewöhnlich eine Aenderung der Witterung

terung verknüpft ist, so nannte man es auch ein Wetterglas.

§. 790. Man hat dem Barometer mancherley Einrichtungen zu geben gesucht, theils um es zu verschiedenen Anwendungen bequemer, theils die Veränderungen auffallender zu machen, und genauer zu messen. So wie die Einrichtung §. 769. angegeben ist, und wie sie zuerst bey der Erfindung war, erfordert das Instrument viel Quecksilber, ist nicht bequem zu transportiren, und es läßt sich nicht gut eine Scale daran anbringen. Man krümmte zu dem Ende die Röhre wieder nach aufwärts, und maß die Höhe der Quecksilbersäule von der horizontalen Oberfläche des Quecksilbers in dem kürzern Schenkel. Da aber das Quecksilber, wenn es in der längern Röhre durch den verminderten Druck der Atmosphäre, z. B. um einen Zoll, sinken sollte, in diesem kürzern Schenkel steigt, und nun hier wieder um so viel durch seine eigene Schwere zurückwirkt, folglich macht, daß das in der längern Röhre enthaltene nur um einen halben Zoll sinken kann, so gab man diese Einrichtung bald wieder auf, die man doch nachher für die vollkommenste gehalten hat. Man gab also diesem kürzern Schenkel ein weites kugelförmiges Behältniß, damit das in der längern Röhre herabfallende Quecksilber sich in einen desto weitern Raum ausbreiten, und hier in der Kugel die Höhe desselben nur unmerklich vermehren, auf das Fallen oder Steigen in der engern Röhre aber keinen merklichen Einfluß haben möchte, da Flüssigkeiten von einerley Art auch in Röhren von ungleicher Weite gleich hoch stehen (§. 288.). Je weiter die Kugel des kürzern Schenkels in Vergleichung der torricellischen

Röh-

Röhre ist, um desto weniger wird das Niveau der Quecksilberfläche in dieser Kugel durch das Steigen und Fallen des Quecksilbers in der Torricellischen Röhre erniedriget oder erhöhet.

§. 791. Zu ganz genauen Beobachtungen aber, und zu solchen Versuchen, wo das Fallen des Quecksilbers sehr beträchtlich ist, kann dies Barometer aus den angeführten Gründen nicht sicher angewendet werden, wenn man die Scale nicht beweglich macht. Herr De Luc ging daher zu der erstern einfachen Einrichtung dieses Instruments wieder zurück, und zeigte, daß das Barometer mit dem nach oben zu gekrümmten, gleich weiten Schenkel, oder das sogenannte heberförmige oder Heberbarometer alle Vorzüge besäße, und durch die gehörige Einrichtung desselben der vorhin genannte Fehler, daß es die Höhe des Quecksilbers beym Fallen zu groß und beym Steigen zu klein angiebt, völlig gehoben werden könnte. Wenn man nemlich von dem, um welches das Quecksilber in der längern Röhre gefallen ist, das abzieht, um welches es in den kürzern Schenkel stieg, oder zu dem, um welches es in den längern Schenkel stieg, das, um welches es in den kürzern fiel, addirt; so hat man jedesmal die wahre Höhe des Fallens und Steigens. Nur die Quecksilbersäule in der Torricellischen Röhre, die über dem Niveau des Quecksilbers im kürzern Schenkel steht, ist es, die dem Drucke der Luft correspondirt.

De Luc über die Atmosphäre §. 381. ff.

§. 792. Zu der genauen Einrichtung des Barometers gehört, 1) daß es bloß und allein durch Veränderungen im Drucke der Luft afficirt werde,

und

und diese Veränderung auch wahrhaft anzeige. Dazu ist nöthig, daß die Torricellische Leere vollkommen rein sey; denn, wenn sie Luft enthält, so wird die Quecksilbersäule kürzer seyn, als sie sollte, und die Wärme wird darauf Einfluß haben. Durch Erhitzung der Torricellischen Leere muß also das Quecksilber in der Röhre nicht herabgedrückt werden, oder sinken. Um diese Torricellische Röhre rein zu erhalten, ist es nöthig, bey Verfertigung des Barometers das Quecksilber in der Röhre stark auszukochen. Aus der allgemeinen Wirkung der Wärme auf alle Körper wird man leicht einsehen, daß die Barometerhöhe bey größerer Wärme größer, und bey geringerer Wärme kleiner seyn müsse, wenn auch der Druck der Luft derselbige bleibt. Herr De Luc fand bey genauer Untersuchung, daß eine 27 Zoll lange Quecksilbersäule vom natürlichen Gefrierpuncte bis zum Siedepuncte des Wassers um 6 Linien oder $\frac{1}{54}$ ihrer Länge zunehme. Nimmt man diese Bestimmung für die richtige, so muß die Quecksilbersäule im Barometer, das beym natürlichen Frostpuncte auf 27 Zoll stand, bey unverändertem Druck der Atmosphäre z. B. um 1 Linie steigen, folglich 325 Linien hoch stehen, wenn die Temperatur um den sechsten Theil des Fundamentalabstandes vom Thermometer zunimmt, und 62° Fahr. oder $13\frac{1}{3}$° Reaum. wird. Die Aenderung der Wärme um 30° Fahr. bringt also das Barometer jedesmal um 1 Linie höher, und jede Aenderung um 1° um $\frac{1}{30}$ einer Linie. Herr De Luc hat zu dem Ende um mehrerer Bequemlichkeit willen den Fundamentalabstand vom natürlichen Frostpunct bis zum Siedepunct am Thermometer in 96 gleiche Theile getheilt, und so kommt auf jeden

den 16ten Grad Zunahme der Wärme dieses Thermometers 1 Linie Zunahme der Höhe des Barometers, und auf jede Aenderung der Wärme um 1 Grad, $\frac{1}{16}$ Linie Aenderung des Barometerstandes.

De Luc Unters. über die Atmosph. §. 352 — 365.

Ohne durch neue Scalen die Thermometersprache unnöthigerweise noch mehr zu erweitern, findet man die Berichtigung des Barometerstandes wegen der Wärme, wenn der am Thermometer beobachtete Grad k, der, auf welchen man die Beobachtung reduciren will, i, und die Zahl der Grade des Fundamentalabstandes vom Eispuncte bis zum Siedepuncte f heißt, wenn man zur beobachteten Barometerhöhe B noch $\frac{i-k}{54 f}$ B hinzusetzt, oder, wenn i — k negativ ist, $\frac{k-i}{54 f}$. B davon abzieht. (S. Gehlers physik. Wörterb. Art. Barometer.)

Noch ist hier zu erinnern, daß der Fundamentalabstand an der Fahrenheitischen Scale vom natürlichen Gefrierpunct bis zum Siedepunct bey der Bestimmung des Hrn. de Luc von 27 Z. Barometerhöhe eigentlich nur gleich 178 Gr. gesetzt werden kann, nicht 180 Gr.
Van Swinden posit. phys. II. S. 107. f.

Nach Roy (*Philos. Trans. Vol. LXVII.* S. 635. ff.) beträgt die verlängerte Ausdehnung einer 27 Zoll langen Quecksilbersäule durch die Wärme vom natürlichen Frostpuncte bis zum Siedepuncte 0,5117 engl. Zoll, oder 5,7617 paris. Linien; auch ist die Zunahme durch gleiche Anzahl von Graden in den verschiedenen Temperaturen nicht gleich groß; nach Rosenthal (Beyträge zur Verfertigung, Kenntniß, und Gebrauch meteorologischer Werkzeuge. Gotha. B. I. 1782. B. II. 1784. 8.) ist die Ausdehnung der Quecksilbersäule 5,56 paris. Lin. und nach Luz (Beschreib. von Barometern, s. oben §. 663. Anm.) 5,64 parisische Linien.

Sinnreiche Vorschläge zur Berichtigung des Barometerstandes wegen des Einflusses der Wärme, ohne Thermometer, haben La Grange (*Miscellanea Taurinensia*, 1759. *T. I.* S. 15. ff.) Lamanon (*Journal de Physique T. XIX.* S. 7. ff.) und Rosenthal (Anleitung, das de Lucsche Barometer zu einem höhern Grade der Vollkommenheit zu bringen, Gotha 1779. 8.) gethan. Es gehört hierzu ein heberförmiges Barometer, dessen Schenkel ganz genau gleich weit sind.
Van Swinden posit. phys. T. II. S. 104. f.

§. 793.

§. 793. 2) Ein zweyter Umstand beym Barometer ist die Scale. Zu dem Ende wird die mit Quecksilber gefüllte, gehörig ausgekochte, und gleich weite Röhre auf einem Brett unbeweglich befestigt, und darauf die Scale nach einem sehr genauen Fußmaaße in Zollen und Linien aufgetragen. Bey uns ist es gewöhnlich, sich dazu des Pariser Fuß-Maaßes zu bedienen. Beym heberförmigen Barometer zieht man gemeiniglich in der Mitte der Quecksilbersäule in der Torricellischen Röhre einen horizontalen Strich, trägt die Abtheilungen in Zollen, Linien, und Zehntheilchen der Linien oberhalb und unterhalb derselben auf, und um die jedesmalige wahre Höhe der Quecksilbersäule, die durch den Druck der Luft erhalten wird, zu finden, addirt man den Stand des Quecksilbers oberhalb jener Mittellinie, und unterhalb derselben bis zum Niveau des Quecksilbers im kürzern Schenkel, mit einander. Wenn man das Barometer bloß zur Beobachtung der Veränderungen des Drucks der Luft für einerley Ort braucht, so ist es hinreichend, die Unterabtheilungen der Zolle in Linien, und Zehntheilchen der Linien, nur einige Zolle oberhalb und unterhalb des Standes des Quecksilbers in beiden Schenkeln anzubringen. Zu den Beobachtungen kleinerer Theile des Maaßstabes dient ein Nonius oder Vernier.

Da man sich auch des engl., rheinl. und schwedischen Maaßes zu den Beobachtungen hier und da bedient, so theile ich hier nach van Swinden (*posit. phys.* T. II. S. 107) die Vergleichung derselben mit:

engl.	rheinl.	paris.	schwed.
31 Z.	30 Z. 1,13 L.	29 Z. 1,05 L.	26,52 Dec. Z.
30 =	29 = 1,48 =	28 = 1,79 =	25,66 =
29 =	28 = 1,83 =	27 = 2,53 =	24,81 =
28 =	27 = 2,18 =	26 = 3,27 =	23,95 =

§. 794.

§. 794. 3) Bey der Beobachtung des Standes des Quecksilbers im Barometer, und der Messung der Länge der Quecksilbersäule, ist es nöthig, daß die Röhre des Barometers vollkommen vertical hänge; daß bey der Beobachtung das Auge in einerley horizontaler Ebene mit der Fläche des Quecksilbers gehalten werde; und daß man den Stand des Quecksilbers bey dem höchsten Puncte seiner Convexität erm esse. 4) Sonst gehört es noch zur Verfertigung genauer und vergleichender Barometer, als wesentlich, daß das Quecksilber von der größesten Reinigkeit sey, und daher einerley eigenthümliches Gewicht in den verschiedenen Barometern habe, welches allerdings ein Hauptumstand ist; daß die Röhre allenthalben gleich weit, und ohne Rauhigkeit sey; daß bey dem heberförmigen Barometer der kürzere Schenkel genau parallel mit dem längern, und mit ihm von gleich weitem Durchmesser; und endlich daß die Röhre von gehörigem Durchmesser (2 bis 3 Linien) sey.

Van Swinden posit. phys. T. II. S. 94.—112.

§. 795. Um kleine Veränderungen des Drucks der Luft am Barometer recht bemerkbar zu machen, hat man allerley Complicationen und Künsteleyen daran ausgedacht. Dahin gehören:

1) Das Huygensche Doppelbarometer.

Journ. des sav. 1672. Dec. S. 139. Oper. phys. T. I. S. 276. *Muschenbroek* introd. §. 2080.

2) Das Hooksche, oder De la Hire'sche Doppelbarometer.

Hook in den *philos. Trans.* n. 185. Vol. XVI. S. 241. *De la Hire*, in den *Mém. de l'acad. roy. des sc.* 1708. S. 157. ff. *Muschenbroek* introd. §. 2081.

3) Hooks

3) Hooks Radbarometer.

Hook micrographia. London 1665. Fol. T. XXXVII. Fig. 4. *Muschenbroek* §. 2089.

4) Morlands schiefliegendes Barometer.

Muschenbroek introd. §. 2078.

5) Bernoulli's rechtwinkligtes Barometer.

Muschenbroek §. 2083.

Alle diese Abänderungen des Barometers selbst aber leisten zu genauen Beobachtungen des Drucks der Luft die gehofften Vortheile nicht, bringen Vermehrung der Friction zuwege, und der Einfluß der Wärme und Kälte darauf läßt sich nicht leicht und genau berechnen.

De Luc Unters. über die Atmosph. Th. I.
Von Reisebarometern sehe man: de Luc a. a. O. Th. II. §. 459. ff. J. G. v. Magellans Beschreibung neuer Barometer, a. d. Franz. Leipz. 1782. 8. Lichtenbergs Magaz. für das Neueste aus der Phys. B. I. St. 3. S. 98. Description d' un barometre portatif par Mr. *J. G. Sulzer*, in den *act. helvet.* T. III. S. 259. ff. Beschreibung eines neuen Reisebarometers, von Hr. Hurter, in Lichtenb. Magaz. B. V. St. 4. S. 84. ff.

§. 796. Wenn man mit dem Mariottischen Gesetze (§. 780.), daß bey gleicher Wärme die Dichtigkeit der Luft und also auch ihre Elasticität der darauf drückenden Kraft proportionirt sey, noch die Folgerung verbindet, daß bey einerley Masse der Luft und bey gleichem Druck die Wärme in dem Verhältniß des Raumes wachse, und diese Sätze auf das Luftthermometer (§. 665.) anwendet, so hat man an demselben einen Maaßstab für die Wärme der eingeschlossenen Luft, und es kann alsdenn dadurch, daß man an demselbigen die Wirkungen des Barome-

ters

ters von denen der Wärme allein gehörig unterscheidet, von den Fehlern befreyet werden, die es sonst hat.

§. 797. Man füllet zu dem Ende eine oben offene mehrere Fuß lange enge gläserne Röhre, welche unten umgebogen ist, und hier in eine hinlänglich große Kugel ausläuft, mit Quecksilber, daß die Kugel ohngefähr bis zur Hälfte, und auch die Röhre bis zu einer gewissen Höhe damit angefüllt ist, so daß in dieser das Quecksilber etwa bey der mittlern Temperatur um $1\frac{1}{2}$ Fuß höher steht, als in der Kugel. Die in der Kugel eingeschlossene Luft ist natürlicherweise stärker zusammengepreßt, als die atmosphärische, und sie hält das Gleichgewicht mit einer Quecksilbersäule, deren Höhe so groß ist, als die dermalige Barometerhöhe, und mit der Quecksilbersäule, die von dem Niveau des Quecksilbers in der Kugel an in der Röhre steht. Wenn man also nun jedesmal zu der Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre dieses Werkzeuges (die vom Niveau des Quecksilbers in der Kugel an gerechnet ist), die jedesmalige Barometerhöhe addirt, so hat man die Höhe einer Quecksilbersäule, deren Gewicht der Elasticität der in der Kugel eingeschlossenen Luft, und folglich der Wärme proportionirt ist, die auf die Luft wirkt. Auf diese Art eingerichtet ist es **Amontons Luftthermometer.**

Amontons, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1702. S. 160. ff. Lamberts Pyrometrie Th. II. Hauptst. 3. Karstens Anfangsgr. der Naturl. §. 425. ff.

Wenn die Luft bey gleichem Druck durch gleiche Quantitäten der Wärme nicht gleich stark ausgedehnt wird, in verschiedenen Intervallen der Temperaturen, (§. 783.) so sieht man auch leicht, daß dies Luftthermometer die Verhältnisse der wirklichen Wärme nicht durch

durch Verhältnisse der Ausdehnung der Luft angeben kann. Uebrigens habe ich bemerkt, daß die Luft in der Kugel durch das berührende Quecksilber beym Schütteln der Phlogistisirung fähig ist, und folglich dann nicht mehr ihre vorige Elasticität und Ausdehnbarkeit behält.

§. 798. Das **Bernoullische Luftthermometer** erhält man, wenn man die Kugel eines Kapselbarometers zuschmelzt. Die Vorzüge desselbigen für den gewöhnlichen (§. 665.) bestehn darin, daß es nun nicht mehr dem Wechsel der äußern Luft oder ihres verschiedenen Drucks ausgesetzt ist; nur muß der Torricellische Raum dabey vollkommen seyn. Sonst aber hat es die Unbequemlichkeit, daß die Röhre daran sehr lang, und weit länger, als bey einem gewöhnlichen Barometer seyn muß, weil sonst das **Aufsteigen** des Quecksilbers bey verstärkten Graden der Wärme die ganze Röhre ausfüllen würde. Uebrigens muß die Röhre enge genug, und die Kugel dagegen hinlänglich weit seyn.

§. 799. Die physischen Eigenschaften unserer atmosphärischen Luft, besonders die Wirkungen ihres Druckes und ihrer Elasticität, hat man besonders erst durch die **Luftpumpe** (antlia pneumatica) kennen gelernt. Sie ist die Erfindung eines Deutschen, des Magdeburgischen Bürgemeisters, **Otto von Guericke**. Er stellte seine, nach der damaligen Zeit sehr merkwürdige, Versuche zuerst im Jahr 1654 öffentlich zu Regensburg, in Gegenwart des Kaisers, **Ferdinands des Dritten**, und mehrerer deutschen Reichsfürsten an. **Caspar Schott** machte diese Versuche zuerst bekannt. Aus seiner Schrift lernte sie **Robert Boyle**, der nachher diese Erfindung mit einigen Veränderungen noch mehr verbreitete.

Casp. Schotti ars mechanico - hydraulico - pneumatica. Herbip. 1657. 4. *Otton. de Guerike* experimenta nova, ut vocantur, magdeburgica de vacuo spatio. Amstelaed. 1672. Fol. *Rob. Boyle* nova experimenta physico - mechanica de vi aëris elastica et eiusdem effectibus; ex angl. transl. Genev. 1680.; in seinen *operibus*.

§. 800. Das Wesentliche der Luftpumpe besteht aus einem hinlänglich starken metallenen Cylinder, oder dem **Stiefel**, der inwendig so genau als möglich von gleich weitem Durchmesser ist, und in welchem ein genau passender **Stempel** (Embolus) bequem auf- und niedergeschoben werden kann. In den Boden des Stiefels tritt eine Röhre, welche durch einen **Teller** geht, auf welchen man den **Recipienten** oder das Gefäß aufsetzt, aus welchem die Luft **ausgepumpt** werden soll.

§. 801. Wenn der Stempel von dem Boden des Stiefels in die Höhe gezogen wird, so tritt die Luft unter dem Recipienten, der auf dem Teller der Luftpumpe genau anschließen muß, wegen ihrer Elasticität durch die Röhre in den Stiefel, und die Luft wird also unter dem Recipienten verdünnt. Beym Zurückstoßen des Stempels in den Stiefel darf nun die Luft nicht wieder unter den Recipienten treten, sondern es muß die Einrichtung getroffen seyn, daß die Luft einen andern Ausgang finden kann. Ist dies geschehen und wird der Stempel von neuem in die Höhe gezogen, so wird die Luft unter dem Recipienten abermals wieder in den Stiefel treten, und solchergestalt bey wiederholter Arbeit immer mehr und mehr verdünnt werden. Je größer der Raum des Cylinders in Vergleichung mit dem Recipienten ist, desto stärker und schneller geschiehet auch die Verdünnung.

§. 802.

§. 802. Um beym Zurückstoßen des Stempels die in den Stiefel getretene Luft zu nöthigen, einen andern Ausweg zu finden, und zu verhindern, daß sie nicht wieder in den Recipienten zurücktreten kann, dient entweder ein Hahn in der den Stiefel mit dem Teller verbindenden Röhre, der auf eine doppelte Art durchbohrt ist, und hiernach beym Heraufziehen und Herunterstoßen des Stempels jedesmal gedrehet werden muß; oder es sind Ventile angebracht, eines im Boden des Stiefels, und eines in dem Stempel, die sich beide aufwärts öffnen. Bey den Luftpumpen mit einem Hahn ist der Stiefel gewöhnlich und wegen der mehrern Bequemlichkeit liegend, entweder ganz horizontal, oder schief gegen den Horizont; bey denen mit Ventilen ist er stehend, und sie heißen deswegen auch wol verticale Luftpumpen. Man hat diese auch mit zwey Cylindern, die sich in die gemeinschaftliche Röhre des Tellers endigen, und zum schnellern Auspumpen sehr bequem sind. Sonst sind bey allen diesen Luftpumpen mancherley Vorrichtungen angebracht worden, den Stempel in dem Cylinder bequemer auf und nieder zu bewegen. Um übrigens in den Raum unter dem Recipienten auf dem Teller wieder bequem Luft lassen zu können, muß die Verbindungsröhre zwischen dem Stiefel und dem Teller mit einem Hahn oder Wirtel versehen seyn.

§. 803. Seit der Erfindung der Luftpumpe durch Otto von Guerike, und ihrer ersten Verbesserung durch Rob. Boyle, ist man häufig bemüht gewesen, dem Werkzeuge theils mehrere Vollkommenheit, theils mehrere Bequemlichkeit zu geben. Diese Bemühungen haben aber auch zum Theil das

Instrument complicirt gemacht. Auf die Verschiedenheit der Einrichtung des dabey angewendeten Mechanismus gründen sich verschiedene Arten der Luftpumpen, wovon ich hier nur die gewöhnlichern, und die neuern nenne:

1) Senguerds Luftpumpe. Sie ist mit einem Hahn, und schiefliegend oder horizontal; und die gezahnte Stempelstange wird vermittelst eines Kreuzhaspels aus- und eingewunden.

Wolfs nützliche Vers. Th. I. S. 112. ff.

2) Hawksbee's Luftpumpe. Sie ist mit doppelten, stehenden, Stiefeln und mit Ventilen. Die bezahnten Kolbenstangen werden durch ein Stirnrad vermittelst einer Kurbel auf und nieder gewunden.

Acta eruditorum. Supplem. V. S. 403.
Hawksbee experiences physico-mécaniques, trad. de l'Angl. à Paris 1754. 2 Vol. 8.

3) Leupold's Luftpumpe. Sie ist von der vorigen dadurch unterschieden, daß die Kolbenstangen an einer Art Waagebalken durch einen doppelarmigten Hebel auf und niedergedrückt werden.

Acta eruditor. 1713. S. 95. Leupold deutliche Beschreibung der sogenannten Luftpumpe. Leipz. 1707. 4. Erste Fortsetzung. 1711. 4.

4) Nollets einfache und doppelte Luftpumpe. Sie haben die Einrichtung, daß einerley Mechanismus, welcher die Kolben zu bewegen dient, auch den Hahn jedesmal in die rechte Stellung versetzt.

Nollet, in den *Mém. de l' acad. roy. des sc.* 1740. S. 385. und 567.; 1741. S. 338.; imgl. in den *Leçons de Phys. experim. T. III. Leç. X.* Karstens Lehrbegriff der ges. Mathematik, Th. VI. S. 432. ff.

S'Gravesands einfache und doppelte Luftpumpen sind im Wesentlichen den Nolletschen ähnlich, nur mehr zusammengesetzt.

Joh. von Muschenbroek Beschreibung der doppelten und einfachen Luftpumpe, a. d. Franz. übers. von M. Joh. Christoph Thenn. Augsb. 1765. 8. Karstens Lehrbegr. T. VI. S. 439. ff.

5) Smeatons Luftpumpe, mit Ventilen, und so eingerichtet, daß sie auch zum Zusammendrücken der Luft angewendet werden kann.

A Letter from M. *J. Smeaton*, concerning some improvements made by himself in the air-pump; in den *philos. Trans. Vol. XLVII.* S. 415 ff. Karstens Lehrbegriff der Mathem. Th. VI. S. 443. ff. Ebendesselben Anfangsgr. der Naturl. §. 232. ff.

Einige Verbesserungen dieser Luftpumpe hat Hr. Leiste angegeben. (Beschreibung einer neuen Luftpumpe. Wolfenbüttel 1772. 4.)

Die Smeatonsche Luftpumpe, mit den von Nairne und Blunt angebrachten Verbesserungen, beschreibt Hr. Lichtenberg. (Erxlebens Anfangsgr. der Naturlehre. 4. und 5. Aufl. nach der Vorrede.)

6) Cuthbertsons Luftpumpe, ohne Hähne und Ventile, mit Stöpseln und Oehlladen.

Beschreibung einer verbesserten Luftpumpe, von Joh. Cuthberson, a. d. Engl. Mannheim 1788. 8.

7) Schraders Luftpumpe, mit metallnen Kegelventilen.

Beschreibung einer neuen und vollkommenen Einrichtung der Luftpumpe. Flensb. und Leipz. 1791. 8., und in Grens Journ. d. Phys. B. III. S. 357. ff.

Als eigenthümliche Arten der Luftpumpen sind folgende anzusehen:

8) Baaders Luftpumpen mit Quecksilber.

a) Physikalisches Tagebuch, von Hübner. I. Jahrg. 1784. S. 650.

b) Grens Journ. d. Phys. B. II. S. 326. ff.

9) Hindenburgs Luftpumpe mit Quecksilber.

Antliae novae hydraulico-pneumaticae mechanismus et descriptio, auct. *C. F. Hindenburg*. Lipf. 1787. 4.

10) Wil-

10) Wilkens und Berretray's Luftpumpe durch Wasserdämpfe.

Wilke, in den schwed. Abhandl. 1769. B. XXXI. S. 31. ff.
Beschreibung von des Herrn Abt Cajet Berretray Luftpumpe; in Grens Journ. der Phys. B. VI. S. 86. ff.

* * *

In Ansehung der Erfordernisse einer guten Luftpumpe, und der Berechnung ihrer Wirkungen sehe man: Karstens Lehrbegriff der Mathem. Th. VI. Pneumatik 5. 6. 7. Abschn.; *Van Swinden posit. phys. T. II.* S. 140 — 157.

§. 804. Zu den Recipienten bey der Luftpumpe bedient man sich in den mehresten Fällen gläserner Glocken von hinlänglicher Stärke, deren Gewölbe der äußern Luft widersteht, wenn der Druck derselben durch die Verdünnung der Luft unter der Glocke einseitig wird. Um das Eindringen der äußern Luft zwischen dem Rande der Glocke und dem Teller zu verhüten, dient ein naßgemachtes Leder, in dessen Mitte ein Loch für die Oeffnung im Teller ist. Der Rand der Glocke muß recht eben und glatt geschliffen seyn; man drückt sie anfangs etwas auf den Teller auf, bis sie hernach bey weiterm Fortpumpen durch den Druck der Atmosphäre fest genug anschließt. Wo aber die Feuchtigkeit des Leders schädlich seyn könnte, bedient man sich eines guten Küttes. Sonst verbindet man auch andere Gefäße, aus denen man die Luft auspumpen will, durch Zapfen mit Schraubenmuttern, die in den Schraubengang der Verbindungsröhre des Tellers genau passen, und bringt auch noch mit Oehl getränktes Leder dazwischen. Um diese Gefäße mit der verdünnten Luft

von der Luftpumpe abzunehmen, dient ein genau schließender Hahn in dem Zapfen.

Von der nöthigen Einrichtung des Recipienten, um verschiedene Bewegungen darunter vornehmen zu können, s. *S' Gravesande* elem. phys. §. 2476 — 2484.

§. 805. Durch die Luftpumpe kann man keinen vollkommen luftleeren oder torricellischen Raum (§. 769.) hervorbringen, sondern eigentlich nur eine starke Verdünnung der Luft. Die Dichtigkeit der Luft unter dem Recipienten nimmt in geometrischer Progression beym gleichförmigen Auspumpen ab. Bey gleich großen Zügen verhält sich ihre Dichtigkeit vor jedem Zuge zur Dichtigkeit nach jedem Zuge wie der Raum, in den sie sich nach dem Zuge ausbreitet, zu dem Raum, in dem sie vor dem Zuge eingeschlossen war. Sonst beurtheilt man auch die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten, oder eigentlicher die Elasticität des unter dem Recipienten befindlichen expansiblen Stoffes, (was oft Wasserdunst ist) aus dem Fallen des Quecksilbers in einem Barometer, das unter dem Recipienten sich befindet, und das nur kurz zu seyn braucht; oder aus der Höhe, zu welcher die äußere Luft das Quecksilber in einer Röhre, deren oberes offenes Ende mit dem Raum des Recipienten in Verbindung, und deren unteres Ende im Quecksilber steht, hinaufdrückt. Smeatons Birnprobe zeigte eigentlich die Verdünnung der Luft unter dem Recipienten an. Der Raum unter dem Recipienten, der die so stark als möglich verdünnte Luft enthält, heißt gewöhnlich die Boyleische Leere (vacuum boyleanum), sollte aber billig die Guerickische heißen.

Smeaton, in den *philos. Trans. Vol.* XLVII, S. 420.

§. 806.

§. 806. Mit den wohleingerichteten Luftpumpen lassen sich nun durch Versuche die vorher angeführten Sätze von der Elasticität und dem Drucke der Atmosphäre leicht beweisen und anschaulich machen, und andere Versuche anstellen, die zum Beweise verschiedener noch vorzutragender Sätze dienen.

Versuche hiezu:

Das Quecksilber sinkt im Barometer bey der Verdünnung der Luft, die auf das Quecksilber drückt, und steigt wieder durch Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Das Quecksilber steigt in einer Röhre, die oben offen, und mit dem Raum des Recipienten in Verbindung ist; und fällt wieder bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft.

Eine Glasplatte wird sogleich vom Druck der Luft zersprengt.

Eine Blase, die über einen metallenen Cylinder gespannt ist, wird durch den Druck der äußern Luft mit einem starken Knall zersprengt, und auch Wasser durch dieselbe getrieben.

Zwey Magdeburgische Halbkugeln von 4 Zoll Durchmesser, hängen durch einen Druck der Atmosphäre von nahe 180 Pfund zusammen.

Eine schlaffe, fest gebundene Blase mit atmosphärischer Luft, schwellt im Guerickschen Raum stark auf, und fällt wieder durchs Hinzulassen der äußern Luft zusammen.

Der Heronsball springt durch die Elasticität der eingeschlossenen atmosphärischen Luft.

Aus einem Gefäße mit enger Mündung, die im Wasser steht, tritt die Luft beym Auspumpen hervor; und die äußere hinzugelassene Luft treibt nachher das Wasser in das Gefäß hinein.

Ein Heber hört in der verdünnten Luft zu laufen auf.

Täucherlein, die im Wasser an offener Luft sinken, schwimmen bey verdünnter Luft.

Unter dem Recipienten siedet bey starker Verdünnung der Luft nur mäßig erwärmtes Wasser.

Kaltes Wasser wird im Guerickschen Raume zum elastischen, vollkommen durchsichtigen Dampf, der sich bey Hinzulassung der atmosphärischen Luft niederschlägt. Bey der Bildung dieses Dampfes erzeugt sich Kälte, bey

bey dem Niederschlagen Wärme, wie ein empfindliches Luftthermometer beweist.

* * *

Bier, Milch, Seifenwasser, Sauerteig, geben unter der Luftpumpe eine große Menge von Luftblasen von sich.
Holz, das durch etwas angehängtes Bley im Wasser zum Sinken gebracht ist, giebt beym Verdünnen der Luft eine große Menge Luftblasen von sich, und kommt im Wasser zum Schwimmen.
Holz, das von Luft leer gemacht ist, sinkt im Wasser unter.
Warmblütige Thiere sterben schnell in der verdünnten Luft unter der Glocke der Luftpumpe.
Eine brennende Kerze verlöscht in der verdünnten Luft.
Schiesspulver wird im Guerickschen Raume nicht entzündet, und ein Feuerzeug giebt darin keine Funken.
Bey der Verdünnung der Luft vermindert sich der Schall, und verschwindet beynahe ganz.

§. 807. Man pumpe aus einem schicklichen Gefäße die darin enthaltene Luft so rein als möglich aus, und hänge dasselbe, nachdem es vor dem Abnehmen von der Luftpumpe durch einen Hahn genau verschlossen worden ist, an eine empfindliche Waage. Man bringe es ins genaue Gleichgewicht, öffne den Hahn, und lasse die äußere Luft hineintreten, so wird es nun einen Ausschlag geben, und die zur Wiederherstellung des Gleichgewichts nöthigen Gegengewichte werden ohngefähr angeben, wie viel die Luft wiegt, die in den Raum der Kugel geht. Da aber die Dichtigkeit der Luft durch die Wärme vermindert, und durch Kälte vermehrt wird; da sie ferner nicht stets in einerley zusammengepreßtem Zustande in der Atmosphäre ist, wie das Barometer lehrt; und der in der Luft befindliche Wasserdunst nicht immer sich gleich bleibt, so sieht man leicht, daß man bey Bestimmung des Gewichts von einem bestimmten Raume von Luft hierauf Rücksicht nehmen muß. Die

An-

Angaben über das specifische Gewicht der Luft gegen das Wasser, sind aus eben diesem Grunde auch sehr verschieden.

Die Kugel, deren ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist aus der Verlassenschaft des sel. Hrn. HR. Karsten, sie faßt nahe 119¾ rheinl. Decimalcubikzoll; und die Luft, welche diesen Raum erfüllt, wiegt, wenn sie nicht sehr feucht ist, und die Temperatur von 65° Fahr. hat, bey der Barometerhöhe von 27 Zoll 8 Linien, 73½ Gran Medicinalgewicht; folglich wiegt ein rheinl. Decimalcubikzoll Luft $\frac{147}{239}$ oder 0,615 Gran. Da nun ein Decimalcubikzoll Wasser bey dieser Temperatur 492,229 Gran wiegt (§. 322.), so verhält sich das eigenthümliche Gewicht des Wassers zu dem der Luft, wie 492229 : 615 oder nahe 800 : 1. Wenn man das eigenthümliche Gewicht des Wassers zur Einheit annimmt, so ist das der Luft 0,0012. — Ein rheinl. Cubikfuß Luft wiegt solchergestalt 615,062 Gran in Medicinalgewicht.

§. 808. Da die Luft, wie jeder flüssige Körper, nach allen Seiten zu drückt, so muß jeder darin getauchte Körper, wie beym Abwägen im Wasser, nicht mit seinem absoluten Gewicht sinken, sondern so viel davon verlieren, als die Luft wiegt, die mit ihm einerley Raum erfüllt, und ein und ebenderselbe Körper muß aus eben diesem Grunde in der Luft schwerer werden, oder eigentlich, sein respectives Gewicht (§. 307.) muß zunehmen, wenn er in einen engern Raum zusammengedrängt wird, wie auch die Erfahrung lehrt. Eben so muß auch der Fall der schweren Körper in der Luft anders seyn, als im leeren Mittel (§. 199.).

Ein ausgedehnter und aufgelockerter Federsack ist leichter, als wenn er enge zusammengeschnürt ist.

§. 809. Da ferner ein und eben derselbige feste Körper in einer Flüssigkeit abgewogen um desto weniger von seinem absoluten Gewichte verliert, oder ein desto grö-

größeres respectives Gewicht behält, je geringer das specifische Gewicht der Flüssigkeit, oder je lockerer sie wird (§. 311.), so müssen einerley Körper, in Luft von verschiedener Dichtigkeit gewogen, ungleich viel wiegen. Beym Abwägen der Körper auf Waagschalen nach gewöhnlicher Art kann man diese Veränderungen der atmosphärischen Luft in ihrer Dichtigkeit freylich nicht gewahr werden, allein schon ziemlich merklich, wenn man Körper, die sehr ungleich groß sind, gegen einander abwiegt.

§. 810. Hierauf gründet sich das Guerickische Manometer. Es wird nemlich an einem empfindlichen Waagebalken eine hinlänglich große hohle, aber luftdicht verschlossene, metallene, oder besser, gläserne Kugel aufgehängt, und durch ein massives Gewicht von Bley, das gegen die Kugel einen viel kleinern Raum einnimmt, ins Gleichgewicht gebracht. Wenn sich nun die Dichtigkeit der Luft ändert, so müssen beyde ungleich viel von ihrem absoluten Gewicht verlieren; und zwar, wenn die Luft dichter wird, so giebt das Gegengewicht den Ausschlag; wird sie aber dünner, so sinkt die Kugel. Hr. Gerstner hat eine Verbesserung dieses sehr brauchbaren Werkzeugs angegeben, und zugleich die Anwendung desselben bey Höhenmessungen mit dem Barometer gezeigt.

Otton. de Guerike exper. nov. S. 114. Gerstners Beobachtungen über den Gebrauch des Barometers bey Höhenmessungen; in den Beob. auf einer Reise nach dem Riesengebürge, Dresd. 1791. 8. S. 271., und in Grens Journ. der Phys. B. IV. 172.

Gasarten.

§. 811. Wenn man ein warmblütiges Thier in einen eingeschlossenen Raum von Luft genau verschließt,

schliesst, so stirbt es sehr bald darin, wenn man nicht frische Luft hinzuläßt. — Wenn man ferner in einen eingeschlossenen Raum von Luft, z. B. in einen Cylinder, den man mit Quecksilber, oder mit Wasser sperrt, eine brennende Kerze bringt, so verlöscht diese ebenfalls sehr bald, wenn der Raum der Luft nicht sehr groß ist, und zugleich wird die Luft dabey vermindert, und geht in einen engern Raum zusammen. Eben dies geschieht durch brennende Kohlen, brennenden Phosphorus, und überhaupt durch jedes Verbrennen.

§. 812. Die bisher abgehandelten physischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft, auf welche man sonst bloß Rücksicht nahm, um sich das Athemholen der Thiere, und das Verbrennen der Körper zu erklären, reichen ganz und gar nicht hin, um uns von der erwähnten Wirkung eine befriedigende Erklärung zu geben. Alle dabey vorkommende Erscheinungen zeigen vielmehr auf das deutlichste, daß in der Mischung der atmosphärischen Luft etwas seyn muß, welches sie zum Athemholen für Thiere, und zum Verbrennen der Körper darin fähig macht.

§. 813. Wir werden von dieser Mischung und von den angeführten (§. 811.) Erscheinungen Rechenschaft geben, wenn wir erst die verschiedenen Gasarten kennen gelernt haben, die eine Entdeckung neuerer Zeiten sind, und durch welche das Gebiet der Naturlehre selbst ansehnlich erweitert worden ist. Man versteht unter diesen Gasarten jedes permanent elastische flüssige Wesen, das in den (§. 766.) angeführten generischen Kennzeichen mit der atmosphärischen Luft übereinkömmt, allein sich durch die

Mischung und die davon abhängenden chemischen Eigenschaften sattsam unterscheidet. Sie unterscheiden sich vom Dampf durch ihre permanente Elasticität.

§. 814. Man erhält diese luftförmigen Stoffe auf eine mannigfaltige Weise aus sehr verschiedenen Substanzen, theils bey Auflösung derselben, — und das Aufbrausen (Effervescentia), das man bey den mehresten Auflösungen gewahr wird, rührt eben von der schnellen Entwickelung luftförmiger Stoffe her; — theils bey der Zerstörung derselben durchs Feuer, Gährung oder Fäulniß, theils durch andere anzuführende Operationen.

§. 815. Alle diese Gasarten sind in den festen oder liquiden Körpern, aus denen man sie erhält, vorher nicht als elastische, aber comprimirte, Flüssigkeit zugegen gewesen; sondern werden erst in und während der Operation ihrer Entbindung gebildet. Sie bestehen alle aus einer Basis, die an sich nicht expansibel ist, und dem expansiven Wärmestoff, durch den jene Basis expansibel und gasförmig wird. Die Verbindung beider ist chemisch, und die niedrigere Temperatur trennt die Basis nicht vom Wärmestoff, wie im Dampfe. Sehr wahrscheinlich ist in allen Luftarten Lichtmaterie das Verbindungsmittel zwischen der Basis und dem Wärmestoff.

§. 816. Die so wichtigen und interessanten Entdeckungen dieser Luftarten haben eigene Werkzeuge nöthig gemacht, um sie bey der Zerlegung der Körper durch Auflösung oder Feuer, wobey sie zum Vorschein kommen, bequem aufzufangen, und ohne Vermischung mit atmosphärischer Luft zu erhalten.

Man

Man begreift diese Werkzeuge unter dem Namen des **pneumatisch-chemischen Apparats** (apparatus pneumato-chemicus).

§. 817. Jede luftförmige Flüssigkeit ist stets specifisch leichter, als irgend eine tropfbare Flüssigkeit, und steigt in dieser aufwärts. Hierauf gründet sich das Wesentlichste beym pneumatisch-chemischen Apparat. Das erste Stück ist eine ovale **Wanne** von Holz oder verzinntem Kupfer, worin einige Zoll unter dem Rande ein Gesimse waagerecht angebracht ist. In diesem Gesimse befinden sich einige kurzhälsigte Trichter neben einander, so daß ihre weitere Mündung dem Boden der Wanne zugekehrt ist. Die Wanne wird so weit mit Wasser angefüllt, daß dasselbe das Gesimse ohngefähr einige Zoll hoch bedeckt. Das Gesimse selbst dient nun dazu, daß die mit Wasser gefüllten umgekehrten Gläser und Vorlagen mit ihren Mündungen auf die Löcher gestellt werden können, durch welche vermittelst der Trichter die Luftblasen in diese Vorlagen geleitet werden sollen.

§. 818. Da aber einige Luftarten bey der Berührung des Wassers entweder sogleich oder nach einiger Zeit ihren luftförmigen Zustand verlieren, und damit zur tropfbaren Flüssigkeit werden, so ist diese Vorrichtung (§. 817.) nicht anwendbar; und man muß alsdann das Quecksilber zum Sperren anwenden. Der Preiß und die Schwere des Quecksilbers macht freylich, daß man diesen **Quecksilberapparat** kleiner machen muß, dessen Einrichtung aber im Grunde dem vorigen ähnlich ist. Zur Wanne dient entweder recht dicht zusammengefugtes Holz oder Eisenblech.

Gren Beschreibung eines Quecksilberapparats, im Journ. der Phys. B. I. S. 201.

§. 819. Zur Entbindung der Luftarten selbst, die man durch Destillationen oder Auflösung gewisser Stoffe erhält, dienen allerley Retorten, gläserne oder irdene, die man mit den zu zerlegenden Stoffen ins Sandbad, oder beschlagen in freyes Feuer legt. An die Mündung der Retorte kittet man nach Beschaffenheit der Umstände eine blecherne oder gläserne Röhre, deren untere Oeffnung unter den Trichter der mit Wasser oder Quecksilber gefüllten Wanne gesteckt wird. Wenn sich dabey zugleich solche Dämpfe erheben, die das Metall angreifen würden, so dienen gläserne Tubulatretorten mit einem am untern Ende nach oben gekrümmten langen Halse. Um die dabey zu gleicher Zeit in Dampfgestalt übergehenden Substanzen als tropfbare Flüssigkeit durch Abkühlung besonders aufzufangen, dient eine sogenannte Mittelflasche. Zur Entwickelung luftförmiger Stoffe bey den Auflösungen, die keine äußere Hitze erfordern, wird besonders die Entbindungsflasche gebraucht. Zu Vorlagen, in welche die durch das Wasser oder Quecksilber gehende Luftarten treten, dienen gläserne Cylinder, mit oder ohne eingeriebene Stöpsel, oder Glasflaschen. Um einige Luftarten, die sich nur langsam in dem Wasser auflösen lassen, bequem damit in Verbindung zu bringen, ist vorzüglich die Parkersche Glasgeräthschaft anwendbar.

Die bey der Entbindung und Auffammlung dieser Luftarten nothwendigen Handgriffe werden in den Vorlesungen selbst gezeigt.

Grens system. Handb. der Chemie Th. I. §. 163. ff. §. 242. f. Beschreibung eines Glasgeräthes von J. H. Magellan, a. d. Engl. von G. T. Wenzel. Dresden 1780. 8.

§. 820. Man kann alle die hier abzuhandelnden verschiedenen Luftarten füglich unter zwey Classen bringen: 1) solche, die zum Einathmen für Thiere, und zur Erhaltung des Feuers dienen, (einathembare, respirable Luftarten,) die man auch wol wahre Luft nennt; und 2) solche, welche weder zum Athemholen für Thiere tauglich sind, noch zur Unterhaltung des Feuers dienen können (mephitische Luftarten, Gasarten, Schwadenarten, irrespirabele Luftarten). Sie sind ferner entweder mit dem Wasser mischbar, und lassen sich darin auflösen; oder das Wasser verbindet sich nicht damit. Einige sind endlich bey Berührung der atmosphärischen Luft entzündlich; andere nicht. Wir betrachten sie hier ohne systematische Ordnung.

J. B. Trommsdorff Tabelle über die Luftarten. Weimar 1790.

§. 821. 1) Luftsaures Gas, fixe Luft (Gas aëreum, aër fixus, *Gas acide carbonique* L.). Man gieße in einer Entbindungsflasche auf gepulverte Kreide verdünnte Vitriolsäure, so entstehet ein starkes Aufbrausen, das von der entwickelten Luftsäure herrührt. Man bringe die Mündung der Seitenröhre der Flasche unter den Trichter der mit Wasser gefüllten Wanne, und lasse die aufsteigenden Luftblasen in die Vorlage treten. Oder man fülle eine kleine irdene beschlagene Retorte mit rohem Kalkstein, Kreide, Marmor, u. d. gl. Kalkarten an, kütte eine Röhre an die Mündung der Retorte, lege das untere Ende der Röhre unter den Trichter der Wanne des pneumatischen Apparats, und erhitze dann die Retorte bis zum Glühen, so geht während

rend dem Glühen das luftsaure Gas in die Vorlage über.

§. 822. Dieses luftsaure Gas unterscheidet sich von der atmosphärischen Luft durch sehr auffallende Eigenschaften. Es ist unfähig beym Einathmen von Thieren, das Leben derselben zu erhalten, und tödtet sie. Es ist unfähig das Verbrennen der Körper zu unterhalten, und löscht eine hineingebrachte brennende Kerze aus. Das kalte Wasser verschluckt dieses Gas nach und nach beym Ruhigstehen, schneller beym Schütteln damit; und Wasser von der mittlern Temperatur kann sehr nahe ein gleiches Volum des Gas in sich saugen. Das Gas ist sauer und stechend vom Geschmack und Geruch, und das damit angeschwängerte Wasser hat einen säuerlichen Geschmack, färbt die Lackmustinctur roth, und wirft Blasen, wenn man es schüttelt. Es kömmt dies Wasser hierin mit den natürlichen Sauerbrunnen, dergleichen das Pyrmonter-, Selter-, Eger-Wasser u. a. m. sind, überein, die sich freylich sowohl von einander selbst, als von reinem luftsauren Wasser durch andere aufgelöste Bestandtheile unterscheiden. Durch Erhitzung und Kochen wird alles luftsaure Gas aus dem Wasser wieder als elastische Luft ausgetrieben, eben so auch durch die Luftpumpe. Vermöge dieses Gas ist das Wasser fähig, auch andere Substanzen, z. B. Erden und Eisen, aufzulösen, die es für sich nicht auflösen kann. Beyspiele geben die luftsauren Stahlbrunnen, wie das Pyrmonter und Egerwasser. Um die Anschwängerung des Wassers mit der Luftsäure bequem zu verrichten, dient entweder die Parkersche Glasgeräthschaft *), oder der Apparat des Hrn. Baader **).

Torbern Bergmann de acido aëreo; in seinen opusc. phys. chem. Vol. I. S. 1.

*) J. A. von Magellan Beschreibung eines Glasgeräthes, vermittelst dessen man mineralische Wasser in kurzer Zeit und mit geringem Aufwande machen kann. a. d. Engl. von Wenzel. Dresd. 1780. 8.

**) Baaders Beschreib. von Maschinen zur Anschwängerung des Wassers mit Luftsäure; in Grens Journ. d. Phys. B. III. S. 4.

§. 823. Mit den reinen Alkalien und der reinen Kalkerde verbindet sich die Basis des luftsauren Gas oder die Luftsäure (§. 365.) sehr leicht und gern, und beide verlieren dadurch ihre Aetzbarkeit (§. 381.) und kommen in einen neutral- und mittelsalzigen Zustand. Mischt man luftsaures Gas zum Kalkwasser (§. 381.), so wird dies sogleich getrübt, weil der darin aufgelöste reine Kalk die Luftsäure in sich nimmt, sich dadurch in luftsauren Kalk verwandelt, der als solcher im Wasser nicht auflösbar ist; ein Ueberschuß von Luftsäure macht indessen den luftsauren Kalk wieder im Wasser auflöslich, oder, welches einerley ist, luftsaures Wasser löst den luftsauren Kalk auf. Diese Auflösung wird durch Kochen zersetzt. Die Kalkerde hat gegen die Luftsäure nähere Verwandtschaft, als die Alkalien dagegen haben; und jene entzieht daher dieselbe den luftsauren Laugensalzen und macht sie ätzend (§. 381.). Kalkwasser wird eben deswegen vom luftsauren Alkali sogleich getrübt.

§. 824. Das luftsaure Gas ist schwerer, als die gemeine Luft, bey gleichem Druck und gleicher Wärme. Das Verhältniß des eigenthüml. Gewichts desselben zu dem anderer Gasarten ist oben (S. 240.) angegeben worden. Es vermischt sich nicht sogleich

mit

der atmosphärischen Luft, sondern sinkt darin zu Boden.

§. 825. Die Basis des luftsauren Gas macht in gar vielen Körpern einen Bestandtheil aus, und man kann deswegen dasselbe auf gar mancherley Weise gewinnen. Sie ist ein Bestandtheil aller organischen Körper und aller ihrer Theile, imgleichen der Erdharze, der Kohle und der Pflanzensäuren. Es kömmt daher luftsaures Gas zum Vorschein: bey der trocknen Destillation der Gewächse und ihrer Producte (§. 469. 470.), beym Verbrennen derselben und ihrer Kohle (§. 473.), bey der Weingährung (§. 490.), bey der trocknen Destillation thierischer Substanzen (§. 484.), beym Durchgang glühender Wasserdämpfe durch thierische und vegetabische Kohle (§. 473. 487. Anm.), bey Zersetzung aller organischen Stoffe durch Salpetersäure, und durch Fäulniß (§. 507.), beym Verbrennen der Erdharze, und des Reißbleyes (§. 443.), und der schweren brennbaren Luft. Den moußirenden Weinen (§. 490.) ertheilt es das Sprudelnde und das Stechende im Geschmack. Seine Basis ist ferner ein Bestandtheil der rohen Kalkerden, und kann durch Brennen und durch Auflösung in Säuren, als luftsaures Gas geschieden werden. Bey dem Athemholen warmblütiger Thiere entwickelt sich dasselbe, und ist in der ausgehauchten Luft allemal anzutreffen. In unserer Atmosphäre ist immer luftsaures Gas zugegen.

§. 826. Das luftsaure Gas hat zur Basis (§. 337.) die Luftsäure, die ich oben (§. 365.) als eine eigene Säure mit aufgeführt habe, und dann das Wasser. Beide sind durch den damit vereinigten Wärme

mestoff in den Zustand der expansibeln Flüssigkeit gebracht. Daß aber auch das Wasser einen wesentlichen Bestandtheil des trocknen luftsauren Gas ausmache, wird theils dadurch, daß in allen Operationen, durch welche dieses Gas erhalten wird, Wasser zugegen seyn muß, theils durch directe Erfahrungen von Priestley, erwiesen.

F. A. C. Gren diss. de genesi aëris fixi et phlogisticati. Hal. 1786. 8. Priestley in Grens Journal der Phys. B. I. S. 104. ff.

Nach Hrn. Lavoisier sind der reine Kohlenstoff (carbone) und das Oxygen die Basis des luftsauren Gas (*Gaz acide carbonique*).

§. 827. 2) Stickgas, phlogistisirte Luft (gas mephiticum, aër phlogisticatus). Man nehme frisch bereitete und gepulverte Schwefelleber, schütte sie in ein flaches irdenes Geschirr, stelle dies auf einem Fußgestelle in eine Schüssel mit Wasser, bedecke den Apparat mit einer gläsernen Glocke, und lasse alles so zusammen an einem temperirten Orte stehen. Die Luft unter der Glocke vermindert sich nach und nach, und das Wasser steigt darin empor. Wenn die Verminderung der Luft endlich nicht mehr zunimmt, und wenn anders Schwefelleber genug angewendet worden war, so ist der Rückstand der Luft in der Glocke das Stickgas. — Oder man nehme zu jeden 20 C. Z. atmosphärischer Luft, die das Gefäß enthält, 2 Gran Phosphorus; lege ihn in eine dünne metallene Schaale, die auf dem Wasser des Beckens schwimmt, stelle einen gläsernen, oben und unten offnen, Cylinder darüber, der oben mit einem eingeriebenen Stöpsel verschlossen werden kann; man trage Sorge, daß das Wasser innerhalb und außerhalb dem Cylinder hoch genug stehe; man

verschließe ihn luftdicht, merke die Höhe des Wassers darin, und zünde dann mit einem Brennglase durch Hülfe der Sonnenstrahlen den Phosphorus an. Durch die Expansion, welche die Luft durch die Hitze des Brennens erleidet, drückt sie das Wasser anfänglich hinab, und könnte so zum Theil entwischen, wenn der Cylinder nicht tief genug im Wasser steht. Bald aber vermindert sich das anfängliche Volum der Luft; das Wasser steigt über das gemachte Zeichen empor; und der Rückstand der Luft wird, wenn die Phosphorsäure sich daraus niedergeschlagen, völlig klar und helle. Dieser Rückstand ist das Stickgas. — So wird dies Gas durch jedes Verbrennen der Körper in respirabler Luft erhalten; nur daß es, wenn die verbrennlichen Körper, wie z. B. Kohle, Kerzen, und alle organische Körper, zugleich auch Luftsäure enthalten, mit dieser vermischt ist. Die sich aber davon durch Kalkwasser leicht scheiden läßt. So erhält man dies Stickgas ferner beym Verkalken der Metalle in respirabler Luft, bey der Zersetzung der Salpeterluft durch letztere, beym Verwittern der Kiese in der respirablen Luft. Endlich ist es auch in der von warmblütigen Thieren ausgeathmeten Luft anzutreffen, und bleibt nach der Scheidung des luftsauren Gas davon zurück.

§. 828. Diese phlogistisirte Luft ist etwas weniges specifisch leichter als die atmosphärische Luft (S. 240.); sie wird vom Wasser nicht verschluckt; hat keinen Geruch und Geschmack; wirkt nicht auf die blaue Lackmustinctur und aufs Kalkwasser; ist irrespirabel, tödtet Thiere, die darin eingeschlossen werden, dient nicht zur Unterhaltung des Feuers, und verlöscht eine hineingebrachte brennende Kerze sogleich.

Von

Von der Schädlichkeit des sogenannten Kohlendampfes.

§. 829. Diese Luftart wird nie ohne Beyhülfe der respirablen, d. i., der atmosphärischen oder der dephlogistisirten Luft, und nie ohne phlogistische Körper erhalten. Ich sehe sie daher für nichts anders an, als für respirable Luft, die mit dem Brennstoff ganz gesättigt ist; und daraus lassen sich denn auch die Erscheinungen, die sie zeigt, genugthuend erklären. Die Bestandtheile dieser Gasart sind demnach: Wasser, Lichtmaterie und Wärmestoff; wie es auch der oben (§. 761.) angeführte Versuch außer allen Zweifel setzt.

Nach Hr. Lavoisier ist die Basis dieses Gas ein eigenes unbekanntes Wesen, daß er *Azote* nennt, und das darin durch den Wärmestoff luftförmig ist. Nach ihm macht das *Gas azote* einen abgesonderten Antheil unserer atmosphärischen Luft aus; und bleibt so in den (§. 827.) angeführten Prozessen bey Zersetzung des Gas oxygene der respirablen Luft zurück.

§. 830. 3) Salpetergas (gas nitrosum). Man erhält es aus allen leicht entzündlichen und brennstoffreichen Körpern vermittelst der Salpetersäure. Da aber durch die Einwirkung desselben auf die Körper zugleich auch die Luftsäure (§. 825.) mit freygemacht wird, die darin enthalten ist, so ist es nicht rathsam, sich organischer Stoffe, oder ihrer Producte, und auch nicht einmal des Eisens zu bedienen, um reines Salpetergas zu erhalten. Am besten bereitet man dasselbe aus Kupfer, Quecksilber, Silber oder Zinn, bey ihrer Auflösung in Salpetersäure. Man schüttet zu dem Ende Kupferdrath in eine kleine Entbindungsflasche, gießt darauf ein Gemisch aus zwey Theilen Wasser und einem Theil concentrirter Salpetersäure, so daß die Flasche ganz damit

angefüllt wird, und keine respirable Luft darin zurückbleibt. Bey der Auflösung des Kupfers in der Salpetersäure entwickelt sich nun das Salpetergas, und bewirkt das Aufbrausen; man bringt dann die Mündung der Seitenröhre der Entbindungsflasche unter den Trichter der Wanne des pneumatischen Apparats, und fängt die sich entwickelnde Luft auf.

§. 831. Das Salpetergas ist irrespirabel und tödtet hineingebrachte Thiere sogleich. Es dient nicht zum Verbrennen verbrennlicher Substanzen oder zur Unterhaltung des Feuers und verlöscht eine hineingetauchte brennende Kerze. Es ist schwerer, als atmosphärische Luft (S. 240.). Es verbindet sich mit dem Wasser nur langsam und schwach, und dies kann nur $\frac{1}{10}$ davon in sich nehmen. Es trübt das Kalkwasser nicht, und macht die ätzenden Laugensalze nicht milder. Es dient nicht zum Wachsthum der Pflanzen; widersteht aber der Fäulniß organischer Körper.

§. 832. Das Salpetergas verliert seinen luftförmigen Zustand sogleich, sobald es die atmosphärische Luft berührt, verwandelt sich unter Erwärmung in einen röthlichen Rauch, der wie Scheidewasser riecht, von dem Wasser sogleich verschluckt wird, und damit wieder eine verdünnte Salpetersäure liefert. Die atmosphärische Luft wird dadurch in phlogistisirte Luft verwandelt (§. 827.) und zugleich dadurch vermindert. Durch ohngefähr 16 Theile atmosphärische Luft werden 7 Theile Salpeterluft zersetzt, und es bleiben nur ohngefähr noch 12 Theile von der atmosphärischen Luft übrig, die ganz phlogistisirt sind.

§. 833. Die Salpeterluft wird aber nicht zersetzt durch luftsaures Gas, Stickgas, und alle übrige

ge nicht zum Verbrennen dienende Luftarten, und sie läßt sich mit ihnen in allen Verhältnissen vermischen, ohne zu Dampf zu werden.

§. 834. Die Basis dieser Gasart ist **Salpetersäure, Wasser und Brennstoff**, wie ich auch schon oben (§. 407.) angezeigt habe. Der letztere, welcher von der Salpetersäure wegen ihrer nahen Verwandtschaft dazu, den brennlichen Körpern und regulinischen Metallen entrissen wird, ändert die Natur dieser Säure dergestalt um, daß sie, wie die Vitriolsäure im Schwefel dadurch alle ihre Acidität verliert. Kömmt aber das Salpetergas mit respirabler Luft in Berührung; so entzieht ihr diese wieder einen Theil des Brennstoffs; das Gas wird unter Entlassung des gebundenen Wärmestoffs zersetzt, und es schlagen sich das Wasser und die phlogistisirte Salpetersäure zusammen in Gestalt des röthlichen Rauches nieder (§. 832.), der sich nach und nach zur tropfbar flüssigen Salpetersäure verdichtet. Die respirable Luft wird durch den vom Salpetergas aufgenommenen Brennstoff phlogistisirt, und dadurch vermindert. So sind aus den angeführten Bestandtheilen dieses Gas alle Phänomene desselben leicht und genugthuend zu erklären.

Nach Hrn. Lavoisier hat das Salpetergas (*gaz nitreux*) *Azote* und *Oxygene* zur Basis. Das erstere hat das Bestreben, sich mit noch mehrerm Oxygène zu verbinden, und es so dem Gas oxygene zu entziehen, das dadurch zersetzt wird. Durch dieses mehrere Oxygene wird das Azote zum Acide nitreux.

§. 835. 4) **Leichtes brennbares Gas** (gas inflammabile). Man erhält es durch Auflösung regulinischer Metalle in Salzsäure, oder verdünnter

Vi-

Vitriolsäure (§. 407.). Man schütte zu dem Ende gekörnten oder in Stücke gebrochenen Zink in die Entbindungsflasche, und gieße darauf ein Gemisch aus 1 Theil Vitriolöhl und 6 Theilen Wasser. Die Auflösung geschiehet mit mäßiger Lebhaftigkeit und Aufbrausen. Die sich entwickelnde Luft fange man vermittelst des übrigen pneumatischen Apparats durch Wasser hindurch auf.

§. 836. Dieses brennbare Gas ist das leichteste von allen Gasarten (S. 240.), doch wechselt sein specifisches Gewicht nach der Art seiner Verfertigung ab. Es hat einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch, ist irrespirabel, und löscht ein hineingetauchtes Licht aus. Sonst aber brennt es selbst, da wo es die atmosphärische Luft berührt, mit einer bläulichen Flamme, die desto schneller in das Gefäß steigt, je weiter die Mündung desselben ist. Vermischt man das Gas mit etwa drey Theilen atmosphärischer Luft, so brennt es bey der Entzündung mit einem starken Knalle ab; das Gemisch heißt auch Knallluft. Während dem Abbrennen dieser Luft mit respirabler setzt sich ein feuchter Beschlag an die Wand des Gefäßes ab. Auch der electrische Funke entzündet die Knallluft. Das brennbare Gas löst sich nicht im Wasser auf; zersetzt die Salpeterluft nicht; trübt das Kalkwasser nicht; färbt die Lackmustinctur nicht roth.

§. 837. Man erhält dies leichte brennbare Gas ebenfalls, wenn man glühende Wasserdämpfe mit Eisen in Berührung bringt. Man kann zu dem Ende in eine kleine gläserne Retorte, die in einem Sandbade liegt, reines Wasser schütten, den Hals der Retorte in einen eisernen Flintenlauf kütten, den mitt-

lern

tern Theil des letztern glühend erhalten, und die untere Mündung unter den Trichter der Wanne des pneumatischen Apparats bringen. So wie das Wasser in der Retorte zum Kochen gebracht wird, und die Dämpfe desselben durch die glühende Stelle des Rohrs streichen, werden sie in brennbares Gas verwandelt, und gehen als solches in die Vorlage über. Das Eisen wird an der glühend gemachten Stelle unvollkommen verkalkt, und es ist zu merken, daß, wenn der Versuch gehörig gelingen soll, das Eisen an der glühenden Stelle regulinisch seyn muß. Bey der Wiederholung des Versuchs mit einem und demselbigen Rohre muß man daher erst den entstandenen Sinter gehörig abstoßen.

§. 838. Aus diesem Versuch so wohl, als aus dem Wasser, welches sich beym Abbrennen des brennbaren Gas mit respirabler Luft niederschlägt, nehmen die Antiphlogistiker hauptsächlich den Beweis her, daß das Wasser zusammengesetzt sey aus der Basis des leichten brennbaren Gas, oder dem Hydrogene, und der Basis der dephlogistisirten Luft, oder dem Oxygene, wie ich schon oben (§. 765.) angegeben habe. Sie haben, theils um das Abbrennen beider Gasarten bequem zu veranstalten, theils um die respectiven Quantitäten der dazu angewandten Gasarten genau zu messen, und das erhaltene Wasser gehörig zu sammlen und zu wägen, eigene Vorrichtungen eingeführt, denen sie den Namen der Gazometer gegeben haben. Hr. van Marum hat diesen Apparat ziemlich vereinfacht.

Lavoisier traité elementaire de chimie, T. II. S. 342. ff. Beschreibung eines sehr einfachen Gazometers, von Hr. van Marum; im Journ. der Phys. B. V. S. 154. B. VI. S. 3.

§. 839. Die Erklärung der Antiphlogistiker von der Zersetzung des brennbaren Gas bey der Entzündung mit Lebensluft ist folgende. Das brennbare Gas besteht aus Hydrogene und Wärmestoff. In der Glühehitze verläßt das Hydrogene den Wärmestoff, wenn es Gelegenheit hat, sich mit dem Oxygene zu vereinigen, das die Basis der Lebensluft ausmacht. Beide treten also zum Wasser zusammen, und ihr respectiver Wärmestoff wird frey, bewirkt die Erhitzung und Flamme bey der Entzündung. Den §. 837. angeführten Versuch nehmen sie als eine Bestätigung dieser Erklärung an. Es entziehe nemlich das glühende Eisen dem Wasser sein Oxygene, und werde dadurch zum Kalk (oxide), das Hydrogene des Wassers werde frey, und bilde mit dem Wärmestoff das brennbare Gas. Die Bildung der brennbaren Luft bey der Auflösung der Metalle in verdünnten Säuren erklären die Vertheidiger des Oxygens ebenfalls aus dieser vermeynten Zerlegung des Wassers.

§. 840. Es bedarf aber nicht nur der angenommenen Zusammensetzung des Wassers nicht, um die angeführten Phänomene zu erklären; sondern es finden sich dabey auch Umstände ein, die sie ganz offenbar widerlegen. Die Basis des brennbaren Gas ist das Wasser, der Brennstoff, und etwas von der zu ihrer Bereitung angewendeten Säure; und diese Basis ist durch den Wärmestoff luftförmig. Wird das brennbare Gas in Verbindung mit der respirablen oder dephlogistisirten Luft zur Entzündungshitze gebracht, so zieht die letztere Luft den Brennstoff des brennbaren Gas an; er wird zum Theil zersetzt, seine beiden Bestandtheile, Licht- und Wärmematerie, treten als Feuer hervor, zum Theil wird er von der

de-

dephlogistisirten Luft von neuem gebunden, die damit zur phlogistisirten Luft wird. Immer bleibt daher auch im Rückstande phlogistisirte Luft oder Stickgas übrig, auf das die Antiphlogistiker aber nicht Rücksicht nehmen, und es bloß für präexistirend in der angewandten Lebensluft ansehen. So wird nun das brennbare Gas zersetzt; sein Wasser schlägt sich nieder; und da dies Wasser vorher in der Luft durch die Vereinigung mit dem Brennstoff eines Theils seines Gewichtes beraubt worden war, so muß es auch jetzt mehr wiegen, als das Gas für sich wog, nachdem der Brennstoff abgeschieden worden ist. Nun ist noch ein Umstand hierbey, den Priestley zuerst ins gehörige Licht gesetzt hat; nemlich, daß bey dem Abbrennen beider Luftarten auch Säure zum Vorschein kömmt, und zwar dann, wenn ein Ueberschuß von dephlogistisirter Luft stattfindet; daß hingegen das Resultat der Explosion simples Wasser ist, wenn ein Ueberschuß von entzündbarem Gas da ist. Man hat diese Säure für Salpetersäure gehalten, es verdient aber doch noch nähere Untersuchung. — Die Bildung des brennbaren Gas beym Durchgang der Wasserdämpfe durch glühendes Eisen erkläre ich daraus, daß das Wasser beym Glühen dem regulinischen Eisen den Brennstoff entreißt, es solchergestalt verkalkt, und in Verbindung mit etwas Säure des Eisens (vielleicht Phosphorsäure, vielleicht Luftsäure des Reißbleyes), durch Hülfe des Wärmestoffs brennbares Gas liefert.

Fernere Versuche und Beobachtungen über die Zersetzung der dephlogistisirten und brennbaren Luft, von Jos. Priestley; aus den *Philos. Trans.* 1791. übers. im Journ. der Phys. B. VI. S. 240.

§. 841.

§. 841. 5) **Schweres brennbares Gas, Sumpfluft.** Man erhält es bey der Destillation organischer Stoffe und aller ihrer nähern Bestandtheile (§§. 469. f. 484.), imgleichen der Erdharze. Es entwickelt sich auch aus dem Schlamme stehender Gewässer, beym Aufrühren desselben, wo es insbesondere den Namen der **Sumpfluft** führt (§. 507.). Es ist in Cloaken und moderigen Brunnen zugegen, und macht in einigen Gruben die so genannten entzündlichen Schwaden aus.

S. oben (§. 507.) Volta's angeführte Schrift.

§. 842. Dies Gas unterscheidet sich vom vorigen durch ein größeres eigenthümliches Gewicht, das aber doch auch abwechselt. Sein Geruch ist noch übler und stärker, aber auch nach den Producten verschieden, woraus es erhalten worden ist. Es ist irrespirabel, und unfähig das Verbrennen zu unterhalten; ist aber in Berührung und Vermischung mit respirabler Luft selbst entzündbar, und brennt mit einer stärkern Flamme ab, als das leichter entzündbare Gas. Es braucht weit mehr respirable Luft als dieses, um beym Verbrennen ganz zersetzt zu werden. Es röthet die Lackmustinctur nicht, wenn es gehörig gewaschen, und von der anklebenden Luftsäure befreyet worden ist; es löst sich nicht im Wasser auf, und zersetzt die Salpeterluft nicht. Wenn man es in verschlossenen Gefäßen mit beygemischter respirabler Luft abbrennen läßt, so schlägt sich aus ihm Wasser nieder und luftsaures Gas.

§. 843. Die Basis dieses schweren brennbaren Gas ist Wasser, Brennstoff und Luftsäure. Durch Zersetzung und Entziehung des Brennstoffs bey der Ent-

Entzündung schlägt sich das Wasser nieder, und die Luftsäure kömmt als luftsaures Gas zum Vorschein.

a Nach der Meynung der Antiphlogistiker ist die Basis dieses Gas Hydrogene und Kohlenstoff, und deswegen nennen sie es gas hydrogene-carboné.

§. 844. 6) Hepatisches Gas, Schwefellebergas (gas hepaticum). Man gewinnt es dadurch, daß man zu frisch bereiteter, gepulverter, Schwefelleber (§. 438. 439.) in der Entbindungsflasche eine Säure schüttet. Es besitzt dies Gas einen ausnehmend starken Geruch, ist irrespirabel, und verlöscht das Feuer. Es läßt sich aber selbst entzünden, wenn es mit respirabler Luft in Berührung gebracht worden ist. Es trübt das Kalkwasser nicht, und macht die Lackmustinctur nicht roth; wenn ihm anders kein luftsaures Gas anhängt. Vom kalten Wasser wird es verschluckt, und dies wird dann in seinem widerlichen Geruch und Geschmack und übrigen Verhalten den sogenannten Schwefelwässern ähnlich, dergleichen das Aachner ist. Die Anschwängerung des Wassers damit geschiehet, wie die mit luftsaurem Gas (§. 822.); nur daß die atmosphärische Luft ganz ausgeschlossen seyn muß. Denn durch die respirable Luft wird dies Gas zersetzt, und ein wahrer Schwefel daraus niedergeschlagen. Die Salpeterluft wird von dieser Gasart nicht zersetzt.

§. 845. Die Basis dieses Gas ist Vitriolsäure, Brennstoff und Wasser. Die beiden erstern sind so darin enthalten, daß das Verhältniß des Brennstoffs zur Vitriolsäure größer ist, als im Schwefel. Man könnte also auch sagen: ihre Basis ist Schwefel,

fel, Brennstoff, und Wasser. Diese Bestandtheile erklären die Erscheinungen, die sie liefert, und ihre Entstehung.

Nach den Antiphlogistikern ist die Basis dieses Gas das Hydrogene und Schwefel. Sie nennen es daher *Gaz hydrogene sulfuré.*

§. 846. 7) Entzündliches Phosphorgas (gas inflammabile phosphoreum). Man erhält dies Gas am bequemsten und leichtesten auf folgende Weise. Man schüttet in eine kleine irdene Retorte zwey Unzen, frisch an der Luft zerfallnen, gebrannten Kalk, ein Quentchen in kleine Stücke geschnittenen Phosphorus, und eine halbe Unze Wasser, schüttelt es unter einander, kittet in den Hals der Retorte eine gekrümmte gläserne Röhre, die höchstens $1\frac{1}{2}$ Linien im Lichten hat, und deren unteres Ende unter einer mit Wasser gefüllten Vorlage des pneumatischen Apparates steht. Man erhitzt nun die Retorte ganz allmählich im Sandbade; so wie sie anfängt heiß zu werden, entwickelt sich auch sogleich das brennbare Phosphorgas. Man hat sich hierbey insbesondere vor der Entzündung zu hüten, die im Anfange der Destillation durch die im Destillirgefäße eingeschlossene respirable Luft stattfinden kann.

Raymond im Journ. der Phys. B. VI. S. 157. ff.

§. 847. Dieses Gas hat das Characteristische, daß es bey Berührung der respirablen Luft sich sogleich von selbst entzündet, und dabey Phosphorsäure absetzt. Es wird vom Wasser nicht verschluckt, hat einen sehr üblen, gleichsam faulen, Geruch; wird durch Salpetergas, luftsaures Gas, brennbares

res Gas, hepatisches Gas nicht zersetzt, und röthet die Lackmustinctur nicht. — Die Basis dieses Gas ist Phosphorsäure, Brennstoff und Wasser; die beiden erstern sind darin so enthalten, daß der Brennstoff in einem größeren Verhältniß zur Phosphorsäure ist, als im Phosphor. Wir könnten also auch sagen: die Basis dieses Gas besteht aus Phosphor, Brennstoff und Wasser.

Nach den Antiphlogistikern ist die Basis dieses Gas Hydrogene und Phosphor; es heißt deswegen auch *Gas hydrogène phosphoré*.

§. 848. 8) **Ammoniakgas, urinöse Luft, flüchtig alkalinische Luft** (aër alcalinus, gas alcalinum volatile). Man gewinnt es dadurch, daß man starken ätzenden Salmiakgeist in einer kleinen Retorte gelinde erhitzt, und vermittelst eines Quecksilberapparats die sich entwickelnde Luft auffängt; oder zwey Theile frisch zerfallnen Kalk und einen Theil Salmiak, zusammen vermischt, mit etwas Wasser befeuchtet, auf eben diese Art destillirt.

§. 849. Dieses Gas hat einen sehr durchdringenden, fast erstickenden Geruch; ist leichter als atmosphärische Luft (S. 240.); zeigt alle Eigenschaften eines flüchtigen Laugensalzes; wird von dem Wasser bey Berührung desselben und Erwärmung sogleich verschluckt und aufgelöst, und diese Auflösung ist ein wahrer ätzender urinöser Geist. Es ist irrespirabel; löscht das Feuer aus; ist aber bey genugsamen Zugang der atmosphärischen Luft selbst entzündlich. Es trübt das Kalkwasser nicht; zersetzt die Salpeterluft nicht. Mit dem luftsauren Gas vermischt, wird es selbst und die Luftsäure unter Erwärmung vernichtet,

und

und es wird aus beiden ein fester Körper, nemlich luftsaures flüchtiges Alkali. Das Eis wird davon schnell zum Schmelzen gebracht.

§. 850. Die Basis dieses Gas ist flüchtiges Laugensalz und Wasser. Dies beweisen ihre Bereitungsart und ihre Phänomene.

§. 851. 9) Salzsaures Gas, (gas muriaticum) Man verfertiget diese Luftart, wenn man auf zwey Theile Küchensalz einen Theil concentrirte Vitriolsäure gießt, und in einem Quecksilberapparat gehörig die Dämpfe auffängt, oder starken rauchenden Salzgeist vermittelst dieses Apparats destillirt.

§. 852. Diese luftförmige Flüssigkeit verliert ihren Aggregatzustand sogleich, wenn sie die atmosphärische Luft berührt, und wird unter Erwärmung zu einem weißgrauen Dampf. Sie ist sauer und ätzend von Geschmack, und äußert alle die Wirkungen, welche eine Säure besitzt. Sie ist irrespirabel und tödtet die Thiere augenblicklich. Sie wird vom Wasser schnell und unter Erwärmung eingesogen und davon aufgelöst. Das Eis schmelzt darin sehr bald. Sie trübt das Kalkwasser nicht, wird aber davon verschluckt, und verwandelt dasselbe in salzsauren Kalk. Die ätzenden Laugensalze verwandelt sie ebenfalls sogleich in salzsaure Neutralsalze. Das flüchtig alkalinische Gas und salzsaure Gas vernichten sich sogleich, und treten unter Erwärmung, zu einem festen Körper, zu Salmiak, zusammen. Es dient dies Gas nicht zur Unterhaltung des Feuers, und löscht die Flamme aus. Es ist schwerer als atmosphärische Luft, und sein eigenthümliches Gewicht verhält sich gegen diese, wie 1,698 : 1000. Weder Salpetergas,

noch

noch luftsaures Gas, noch Stickgas, noch entzündliches, noch hepatisches Gas zersetzen dasselbe, noch werden sie davon zersetzt.

§. 853. Die Basis dieses Gas ist Salzsäure, Wasser, und etwas Brennstoff. Bey Berührung der respirablen Luft wird ein Theil des letztern entzogen, und das Gas solchergestalt zersetzt.

Nach den Antiphlogistikern machen Oxygen und *Radical muriatique* (§. 357. Anm.) die Basis davon aus. Sie nennen es *Gas acide muriatique*.

§. 854. Hieher kann man auch die **dephlogistisirte Salzsäure** rechnen, die man durch das Abziehen des rauchenden Salzgeistes über Braunstein vermittelst des pneumatisch-chemischen Wasserapparats erhält. Sie verhält sich in der gewöhnlichen Temperatur wie eine permanent-elastische Luft, ist durchsichtig, aber nicht farbenlos, sondern hat eine gelbe Farbe, besitzt einen eigenen stechenden Geruch und Geschmack; röthet nicht sowohl blaue Pflanzensäfte, sondern zerstört alle Pflanzenfarben überhaupt, verwandelt die ätzenden Alkalien in salzsaure Neutralsalze von anderer Natur, als die mit gewöhnlicher Salzsäure bereiteten sind; trübt das Kalkwasser nicht; ist höchst irrespirabel, und tödtet die Thiere augenblicklich; zersetzt die Salpeterluft, und bringt verschiedene entzündliche Körper zur Selbstentzündung, wenn man sie selbst vorher gehörig erwärmt hat. Vom Wasser wird sie eingesogen. Alle Metalle werden davon sogleich aufgelöst oder zerfressen. Alle gefärbte Blumen und Blätter der Pflanzen werden in dieser dephlogistisirten Salzsäure entfärbt und weiß.

Von der Anwendung dieser merkwürdigen Substanz zum Bleichen.

§. 855.

§. 855. Mit Unrecht rechnet man diese dephlogistisirte Salzsäure zu den Gasarten, da sie keine Permaneität ihrer Elasticität in der Kälte besitzt, sondern zu einem festen Salze gerinnt. Sie ist also im Grunde nur ein Dampf. Sie ist, wie ich schon oben (§. 357. Anm.) angeführt habe, reine Salzsäure, der durch den Braunstein der Brennstoff, welcher der gemeinen Salzsäure anhängt, entzogen worden ist. Sie hat allemal auch Wasser mit zur Basis.

§. 856. 10) **Schwefelgas, vitriolsaure Luft, Schwefelluft** (gas sulphureum, aër sulphureus, aër acidus vitriolicus). Man erhält es, wenn men Vitriolöhl mit leicht entzündlichen Körpern, besonders mit Oehlen, vermischt, und vermittelst des Quecksilberapparats destillirt. Reiner aber gewinnt man es bey der Auflösung regalinischer Metalle, z. B. des Quecksilbers, in concentrirter Vitriolsäure vermittelst der Hitze. Dieses Gas wird vom Wasser schnell verschluckt; hat einen starken Geruch, wie der vom verbrennenden Schwefel; ist irrespirabel, und taugt nicht zur Unterhaltung des Feuers. Es ist offenbar sauer, es wird vom Kalkwasser verschluckt; aber trübt es nicht, wie die Luftsäure. Es bringt das Eis sehr bald zum Schmelzen; zersetzt das Salpetergas nicht; und wird selbst in keiner irrespirablen Luftart zersetzt. Die respirable Luft wird davon phlogistisirt, und wenn jene in hinreichender Menge lange genug damit vermischt steht, so wird das Schwefelgas allmählich zur Vitriolsäure. — Die Basis dieses Schwefelgas sind: **Vitriolsäure, Brennstoff und Wasser.**

§. 857.

Nach der Lehre vom Oxygen hat dies Gas Schwefel und Oxygen zur Basis. Es heißt *Gas acide sulfureux.*

§. 857. 11) Flußspathsaures Gas. Es wird dadurch erhalten, daß man gepulverten Flußspath mit der Hälfte Vitriolöhl vermittelst des Quecksilberapparats aus einer bleyernen Retorte destillirt. Es wird unter Erwärmung sogleich zersetzt, und in weißgrauen Rauch verwandelt, wenn es die atmosphärische Luft berührt; vom Wasser schnell und unter Erwärmung verschluckt, und setzt, wenn es aus gläsernen Gefäßen destillirt worden war, auf dem Wasser eine Rinde ab, die aus Kieselerde besteht; ist schwerer als atmosphärische Luft; irrespirabel, und taugt nicht zur Unterhaltung des Feuers; hat einen sauren Geruch, und alle Kennzeichen einer Säure; trübt das Kalkwasser sogleich; wird weder von dem luftsauren Gas, noch vom Stickgas, oder entzündbaren Gas, oder Schwefelgas, oder Salpetergas zersetzt. Ammoniakgas aber und flußspathsaures Gas vernichten sich augenblicklich unter einer entstehenden Erwärmung, und es wird aus beiden ein festes Neutralsalz (Flußspathsalmiak).

§. 858. Alle Umstände bringen es zur Gewißheit, daß das flußspathsaure Gas Flußspathsäure, Wasser und Brennstoff zur Basis habe. Die Absetzung der kieseligten Rinde bey der Einsaugung derselben vom Wasser zeigt sich nur, wenn Kieselerde in den Gefäßen, aus denen man sie destillirte, oder sonst im Flußspathe war, und diese lehrt uns den sonst kaum glaublichen Satz, daß auch die feuerbeständige, feste Kieselerde, mit dieser Säure verbunden, des luftförmigen Aggregatzustandes durch Mitverflüchtigung fähig ist.

§. 859. 12) Dephlogistisirte Luft, reine Luft, Lebensluft, einathmungsfähige Luft, Feuerluft (aër dephlogisticatus, purus, vitalis, respirabilis). Man erhält sie, wenn man Braunstein, oder salpetersaure Neutralsalze mit einem fixen alkalinischen Grundtheil, oder salpetersaure Mittelsalze und metallische Salze, oder den mit Salpetersäure bereiteten Quecksilberkalk mittelst des pneumatisch-chemischen Apparats destillirt. Ferner liefern sie alle Pflanzen, die im Sonnenschein wachsen (§. 467.).

§. 860. Diese merkwürdige Luftart, durch deren Hülfe wir unsere gemeine Luft erst recht kennen gelernt haben, ist etwas specifisch schwerer, als diese (S. 240.). Sie läßt sich von den Thieren ohne Nachtheil einathmen. Ein kleines Thier kann sogar in einem eingeschlossenen Raume dieser Luft 5 bis 6mal länger leben, als in einem gleich großen Raume von atmosphärischer Luft, ehe es erstickt. Sie befördert das Verbrennen der Körper ungemein, und selbst Körper, die in gemeiner Luft nur glimmen oder gar nicht brennen, brennen in dieser mit Flamme; und alle verbrennende Körper geben darin einen weit stärkern Glanz. In der Vermischung mit brennbarer Luft, in dem Verhältnisse, daß sie $\frac{1}{3}$ des Raums gegen $\frac{2}{3}$ der letztern beträgt, giebt sie eine sehr starke knallende Luft. Sie wird vom Wasser langsam aufgelöst, und dies kann nur, wenn es vorher luftleer war, $\frac{1}{14}$ seines Umfanges davon in sich nehmen. Durch Erhitzung und Kochen, und so auch durch Schütteln wird die reine Luft wieder daraus entwickelt. Sie hat keinen Geruch und Geschmack, trübt das Kalkwasser nicht, und röthet die Lackmustinctur nicht.

Wer

Versuche: Ein Licht brennt in dieser Luft mit Knistern und sehr helle.

Das glimmende Docht desselbigen bricht darin sogleich wieder zur Flamme aus.

Ein glimmender Holzspahn, glimmendes Papier geräth darin in Flamme.

Ein Stück glimmender Schwamm brennt darin mit einer hellen Flamme.

Eine Stahlfeder verbrennt und schmelzt darin mit vielem Funkenwerfen und einem starken Glanze.

Phosphorus verbrennt darin mit einem höchst blendenden Glanze.

Brennbare Luft verbrennt mit derselben mit einem ungemein heftigen Knalle.

§. 861. Die dephlogistisirte Luft zersetzt die Salpeterluft, wie die atmosphärische (§. 832.); nur ist die Röthung und die Erwärmung dabey weit beträchtlicher, und man braucht eine weit geringere Menge von der dephlogistisirten Luft, als von der atmosphärischen, um eine gleiche Menge Salpeterluft zu zersetzen. Die Verminderung des Umfanges der reinen Luft durch genugsame Salpeterluft ist auch weit größer, als bey der atmosphärischen. Die, welche übrig bleibt, ist ganz phlogistisirt. So wird auch die reinste dephlogistisirte Luft, die wir darstellen können, durch alle die Mittel, welche die gemeine Luft phlogistisiren, immer schlechter, und der atmosphärischen Luft in allen Eigenschaften ähnlicher, und wird endlich, wie diese, ganz in Stickluft verwandelt.

§. 862. Da die bloße Elasticität keinesweges allein hinreicht, um daraus zu erklären, warum Thiere in der atmosphärischen Luft leben können, indem phlogistisirte Luft allerdings auch elastisch genug ist; da ferner diese durchs Athmen der Thiere und

durchs Verbrennen der verbrennlichen Körper entsteht; so muß nothwendigerweise in der atmosphärischen Luft etwas seyn, was sie respirabel und zur Unterhaltung des Feuers fähig macht; was aber auch immer ersetzt wird, weil sonst durch die unzähligen phlogistischen Processe, die auf und an der Erde vorgehen, unsere Luft endlich zum Aufenthalt für Thiere und Menschen untüchtig werden würde.

§. 863. Dieser Bestandtheil der atmosphärischen Luft, der sie zur Unterhaltung des Feuers und des Athemholens der Thiere einzig und allein fähig macht, ist eben die dephlogistisirte Luft. Die Eigenschaften derselben, ihre Entwickelung aus den vegetirenden Pflanzen, ihr Uebergang in den phlogistischen Processen zu einer der atmosphärischen Luft ganz und gar ähnlichen, und ihre endliche Verwandlung dadurch in eine phlogistisirte Luft beweisen es.

§. 864. Da in den die Luft phlogistisirenden Processen von der atmosphärischen Luft viel mehr Stickgas übrig bleibt, als bey der dephlogistisirten, so muß dieses Stickgas auch nothwendigerweise schon vorher einen Bestandtheil darin ausgemacht haben, welches durch die Verbindung mit reiner Luft respirabel wurde, welches aber verursachte, daß die Erscheinungen des Verbrennens in dieser atmosphärischen Luft weniger auffallend sind, als in der dephlogistisirten. Man kann daher 13) die atmosphärische Luft, als eine dephlogistisirte Luft ansehen, die noch nicht ganz mit dem Brennstoffe gesättiget, aber der Gränze dieser Sättigung ziemlich nahe ist. Sonst aber macht auch das luftsaure Gas einen Bestandtheil der Atmosphäre aus; und es ist dies gar nicht

zu verwundern, da sich dasselbe aus so unzählig vie-len Körpern, die an und in der Atmosphäre zersetzt werden, und durchs Athmen so vieler Thiere, los-macht und entwickelt. Man findet daher das luft-saure Gas in der atmosphärischen Luft zu allen Zei-ten und an allen Orten nicht in gleicher Menge; am häufigsten in den untersten Luftschichten. Ich halte dieses luftsaure Gas für keinen wesentlichen Theil der atmosphärischen Luft, sondern darin nur für zufällig.

§. 865. Je größer der Antheil der dephlogisti-sirten oder reinen Luft in der Atmosphäre ist, desto stärker und heller brennen darin die Kerzen; desto mehr wird sie durch phlogistische Processe vermindert, und desto weniger braucht man von derselben zur Zer-setzung der Salpeterluft.

Die Luft, worin ein Licht noch brennen kann, enthält auch immer noch soviel reine Luft, daß ein Thier darin ath-men kann; und es kann dies leichte Mittel eine nützli-che Probe bey der Besuchung unterirdischer Gruben und Höhlen abgeben.

§. 866. Da die Fähigkeit der atmosphärischen Luft, zum Athemholen zu nützen, einzig und allein von dem darin befindlichen Antheile dephlogistisirter Luft abhängt, und dieselbe durch zu große Vermeh-rung des phlogistischen Theiles abnimmt, so ist es al-lerdings interessant, die Menge dieser in der Atmo-sphäre befindlichen reinen Luft wissen und bestimmen zu können. Priestley hatte zuerst den Gedanken, die Salpeterluft dazu anzuwenden; und Scheele bediente sich dazu der Schwefelleber. Durch beide wird die respirable Luft phlogistisirt und vermindert, und aus der Größe dieser Verminderung schließt man

auf

auf die Menge der in der angewandten Luft enthaltenen reinen Luft.

Carl Wilhelm Scheele chemische Abhandlung von Luft und Feuer. Upsal und Leipzig 1777. 8. Neue Ausg. durch Hrn. Leonhardi, Leipz. 1782. 8.

§. 867. Da bey den phlogistisirenden Processen und durch Salpetergas die atmosphärische Luft gewöhnlich nicht mehr, als um den vierten Theil, und nach den Scheelischen Versuchen nicht unter $\frac{8}{33}$ oder über $\frac{10}{33}$ ihres Umfanges vermindert wird, so hat man geschlossen, daß die reine, brennstoffleere, heilsame und zum Athmen unumgänglich nothwendige Luft der Atmosphäre gewöhnlich ohngefähr $\frac{1}{4}$ oder nach einer Mittelzahl der Scheelischen Versuche, $\frac{9}{33}$ derselben betrage.

Dieser Schluß gründet sich aber auf die unrichtige Voraussetzung, daß die reine Luft hiebey gänzlich vernichtet werde, und verschwinde; welches doch nicht ist, da sie zum Theil auch als phlogistisirte Luft zurückbleibt. Man muß folglich das Verhältniß der reinen Luft allerdings größer annehmen.

§. 868. Gewöhnlich bedient man sich, um den Grad der Reinigkeit der atmosphärischen Luft, oder eigentlich ihren Gehalt an dephlogistisirter Luft zu finden, des Salpetergas. Das hiezu dienende Werkzeug, worin die zu prüfende Luft mit der Salpeterluft bequem zusammengebracht, und die Verminderung des Raums beider Luftarten gehörig gemessen werden kann, heißt ein Eudiometer oder Luftgütemesser.

§. 869. Wir haben seit der Bekanntmachung dieses Instruments durch Priestley (1772.) mehrere Vorschläge und Abänderungen dazu erhalten, unter

des

denen das neuverbesserte des Hrn. **Fontana** vorzüglich wegen seiner Einfachheit und Richtigkeit sehr viele Vorzüge besitzt. Dies verbesserte Eudiometer besteht aus zwey Stücken, dem sogenannten großen und kleinen Maaße. Das große Maaß besteht aus einer oben verschlossenen Glasröhre, die inwendig aufs vollkommenste cylindrisch, also allenthalben von gleichem Durchmesser, 14 bis 20 Zoll lang ist, und deren innerer Durchmesser nicht unter ½ Zoll beträgt. Die Röhre ist in genaue Abtheilungen, jede von drey pariſischen Zollen, gebracht, deren jede wieder in hundert, auf einem an der Röhre beweglichen Gradeleiter eingeschnittene, Unterabtheilungen zerfällt. Das kleine Maaß des Eudiometers ist eine kleine gläserne Phiole, die genau so viele Luft fassen muß, als eine Abtheilung der größern Röhre von drey Zollen enthält.

§. 870. Um eine Luft in Rücksicht ihres Gehaltes an dephlogistisirter oder respirabler Luft zu prüfen, vermischt man in der längern Röhre des Eudiometers ein kleines Maaß Salpeterluft mit einem solchen Maaße der zu prüfenden Luft über Wasser, läßt die zerstörte Salpeterluft sich gänzlich vom Wasser einsaugen, und merkt die Verminderung des Raumes der übrigbleibenden Luft durch den Gradleiter. **Je größer die Verminderung des Raumes beider Luftarten** (bey der Anwendung eines gleichförmigen Salpetergas und gleicher Temperatur) ist, **desto mehr enthält die geprüfte Luft an dephlogistisirter Luft.**

Priestley's Versuche und Beobachtungen über verschiedene Theile der Naturl. B. I. S. 6. *Fontana* descrizioni ed usi di alcuni stromenti per misurare la salubrità dell' aria. in Firenza 1774. 4. Ingenhouß vermischte

te Schriften, B. II. S. 27. ff. Joh. Andr. Scherer Geschichte der Luftgüteprüfungslehre. B. I. II. Wien 1785. 8.

§. 871. Der Gebrauch des Eudiometers erfordert übrigens große Genauigkeit und Uebung; und wenn die Versuche damit gleichförmig ausfallen sollen, ein immer gleiches Verfahren und ein gleichförmig bereitetes Salpetergas. Besonders aber ist es unumgänglich nöthig, daß das Salpetergas nicht selbst schon Stickgas enthalte, und dies wird es, wenn bey seiner Bereitung in der Entbindungsflasche atmosphärische Luft mit eingeschlossen war. Sonst können aber auch Unvollkommenheiten in der Structur des Luftgütemessers, das verschiedene Alter des über Wasser aufbewahrten Salpetergas, die im Wasser selbst steckende reine Luft und Verschiedenheit der Temperatur des Wassers, über und durch welches man die Luftarten zusammenbringt, Verschiedenheiten in den Resultaten der Versuche geben.

§. 872. Aus dieser Ursach hat man neulich das Verbrennen des Phosphorus in einem bestimmten Raume der zu prüfenden Luft als ein eudiometrisches Mittel vorgeschlagen, und in der That verdient es Vorzüge vor der Anwendung des Salpetergas. Der von Hr. Seguin und Lavoisier dazu vorgeschlagene Apparat verdient Vorzüge vor andern Vorschlägen dieser Art.

Abhandlung über die Eudiometrie, von Hrn. Seguin, a. d. Franz. übers. im Journ. der Phys. B. VI. S. 148. ff.

§. 873. Die Basis der dephlogistisirten Luft halte ich für bloßes Wasser, das vermittelst etwas Brennstoff mit dem Wärmestoff in chemische Verbindung

dung gebracht worden ist. Ihre Bestandtheile sind also Wasser, Lichtmaterie, und Wärmestoff. Durch Zunahme des Brennstoffs darin verwandelt sie sich in atmosphärische Luft, und durch völlige Sättigung damit in Stickgas, wie auch die Erfahrung bey phlogistischen Processen diese Uebergänge wirklich beweist. Ihre Entstehung aus dem Braunstein, dem Salpeter u. a. im Glühefeuer erkläre ich daher, daß diese Körper ihr wesentliches Wasser bis zum Glühen zurückbehalten, und dasselbe dadurch fähig wird, als luftförmige Flüssigkeit, und nicht als bloßer Dampf ausgetrieben zu werden. Weil aber die Wasserdämpfe bey ihrem Uebergang zur Luft durchs Glühen so viel Lichtmaterie zum Brennstoff figiren würden, daß sie eine Stickluft bilden würden, wie die oben (§. 761.) angeführte Erfahrung beweist, so ist nöthig, daß die Körper, welche das Wasser im Glühen entlassen, eine starke Anziehung zum Brennstoff besitzen, (wie der Braunstein, die Salpetersäure, der Quecksilberkalk wirklich haben,) um ihn so den Wassertheilen bey ihrer Luftwerdung bis auf einen bestimmten Antheil zu entziehen. Daher ist auch der Rückstand der Körper, aus denen man dephlogistisirte Luft ausgetrieben hat, allemal phlogistisirt.

Schall und Ton.

§. 874. Wenn zusammengepreßte Luft aus einer engen Oeffnung eines festen oder gespannten Körpers hervordringt, oder schnell aus ihm entwickelt wird, oder auch schnell in ihn hineindringt, oder sonst auf eine andere Art nach dem Zusammendrucken sich plötzlich wieder ausdehnt, so ist

dies

dies mit einer Wirkung begleitet, die wir Schall nennen.

Beyspiele geben: das Zersprengen einer mit Luft gefüllten Blase, oder luftleerer gläserner Kugeln, das Knallen einer Peitsche, des eingeschlossenen Schießpulvers, die Knallluft, das Knallpulver, das Knallgold, u. d. gl. m.

§. 875. Eben diese Wirkung auf unser Gehörorgan wird durch das Anschlagen an feste federharte Körper, oder durch das Hin- und Herschwingen gespannter Saiten in der Luft hervorgebracht. Wir finden aber, daß im luftleeren Raume diese Wirkung nicht Statt hat, und es muß folglich die Luft an dieser Erscheinung mit Antheil haben.

§. 876. Wir nehmen also hier Rücksicht 1) auf die den Schall ursprünglich erregenden Körper, und 2) auf das den Schall bis zu unserm Gehör fortpflanzende Mittel.

§. 877. Alle diejenigen Körper, deren Theilchen einer schwingenden Bewegung fähig sind, sind der Erfahrung zu Folge **schallende Körper** (corpora sonora). Dahin gehören 1) alle mit Federkraft begabte feste Körper, und 2) alle elastisch flüssige Körper. Zu den erstern gehören alle Körper, deren Theile gespannt sind, als Glas, harte Metalle, gespannte Saiten, elastisches Holz, gespannte Felle und Häute, u. d. gl. Die letztern, z. B. die Luft, können zwar auch ursprünglich schallende Körper werden, wenn sie bey festen und gespannten Körpern schnell vorbeyfahren, oder plötzlich aus ihnen entwickelt werden; nie aber für sich allein.

§. 878. Der Schall der klingenden Körper ist desto größer, je mehr sie Federkraft haben, oder je mehr

ihre Theile gespannt werden, und wird desto schwächer, je mehr diese Spannungen abnehmen, oder je mehr der Körper von seiner Federkraft verliert. Weiche Körper haben daher nur wenig Schall, und dämpfen auch den Schall federharter Körper.

§. 879. Das Wesen des Schalles besteht nicht in dem Zittern der kleinsten Körpertheilchen, das in klingenden Körpern gar nicht einmal vorhanden ist. Die von Hrn. **Chladni** bekannt gemachten, äußerst interessanten, neuen Versuche, beweisen ganz unwidersprechlich, daß nicht nur bey klingenden Saiten, sondern auch bey klingenden Ringen, Glocken, Scheiben und Stäben, während ihres Klanges gewisse Stellen solcher Körper ganz unbewegt bleiben, und daß um diese herum die übrigen Theile so oscilliren oder schwingen, daß diese Schwingungen auf beiden Seiten der festen Stellen oder **Schwingungsknoten** nach entgegengesetzter Richtung gehen.

Entdeckungen über die Theorie des Klanges, von Ernst Florens Friedrich Chladni. Leipz. 1787. 4.

§. 880. Von der Dauer dieser Schwingungen hängt die **Dauer** des Schalles, und von der Menge der schwingenden Theile und der Größe der Schwingungsbogen, die **Größe** oder **Stärke** desselben ab.

§. 881. Wenn diese Schwingungen des klingenden Körpers regelmäßig und so auf einander folgen, daß sie gleichzeitig sind, so nennt man sie einen **Klang**; sonst aber, wenn das Gegentheil stattfindet, ein **Geräusch**, ein **Getöse**, einen **dumpfen Schall**. Ein augenblicklich vorübergehender, sehr heftiger Schall, heißt ein **Knall**.

§. 882. Wenn die zum Schalle nothwendigen Schwingungen eines Körpers von unserm Gehör empfunden werden, und wir also den Schall hören sollen, so ist nöthig, daß jene bis zu unserm Gehör durch irgend ein Mittel fortgepflanzt werden (§. 876.); und ohne dasselbe können wir den Schall nicht empfinden, wie man unter der Klocke der Luftpumpe beweisen kann.

§. 883. Zu diesen **den Schall fortpflanzenden Mitteln** können zwar alle harte und flüssige Körper, und von den letztern nicht bloß die elastischen, sondern auch die tropfbaren, gerechnet werden; indessen ist die atmosphärische Luft das vorzüglichste und allgemeinste Fortpflanzungsmittel für die zum Schall erforderlichen Schwingungen bis zu unserm Gehör, oder für die Empfindung des Schalles. Je größer die Elasticität der Luft ist, desto stärker ist der Schall darin. In verdichteter oder erwärmter Luft, die sich sonst nicht ausbreiten kann, nimmt daher seine Stärke zu, in verdünnter hingegen ab.

Taube Personen können, wenn sie mit den Zähnen ein starkes Drath auf den Rand eines Kessels halten, in welchen man stark hineinruft, merklich hören.

§. 884. Hierauf gründet sich auch die Wirkung der **Resonanz**. Wenn nemlich die schwingenden Lufttheilchen an einen mit Federkraft begabten Körper stoßen und ihn ebenfalls in Schwingungen versetzen, so wird dadurch die Zahl der schwingenden Theilchen der Luft selbst vermehrt, und der Schall folglich verstärkt.

Dies beweisen die Resonanzböden der besaiteten Instrumente, und die Stärke des Schalles der Blase-Instrumente.

§. 885.

§. 885. Zur Erklärung der Fortpflanzung des Schalles von einem schallenden Körper durch die Luft, nimmt man an, daß durch die Schwingungen des erstern die umgebenden Lufttheilchen, und durch diese die benachbarten Lufttheilchen abwechselnd zusammengedrückt werden, und sich wieder ausdehnen. Diesemnach ist die zur Fortpflanzung des Schalles dienende Bewegung der Luft eine **wellenförmige**, und keinesweges eine fortschreitende. Der Schall pflanzt sich von dem klingenden oder schallenden Körper, wie von dem Mittelpuncte einer Kugel nach der Fläche derselben, in der Luft fort, und zwar nach der Stärke und Beschaffenheit desselbigen zu einer größern oder geringern Weite, die bey der gehörigen Stärke des Schalles, nach der Lage des Orts, sehr beträchtlich seyn kann. Die weiteste Entfernung desselben kann man aber wegen der Menge der nicht zu bestimmenden Umstände nicht angeben. Man kann sich die Fortpflanzung des Schalles in der Luft als **Schallstrahlen** (radii sonori) vorstellen, wenn man nur dabey nicht glaubt, daß wirkliche Ausflüsse einer schallmachenden Materie stattfänden.

§. 886. Der Schall pflanzt sich in der Luft eben so leicht nach oben, als nach unten, und nach der Seite zu fort, vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit der Luft, nach den verschiedenen Richtungen zu, sich nicht merklich ändert.

§. 887. Aus der angeführten Ausbreitung des Schalles in der Luft folgt, daß die Stärke desselben abnehmen müsse, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt.

§. 888.

§. 888. Da zur Fortpflanzung des Schalles eine bestimmte Bewegung, und folglich eine bestimmte Zeit erfordert wird, so läßt sich auch die Geschwindigkeit des Schalles bey seiner Ausbreitung, wie jede andere Geschwindigkeit, aus Raum und Zeit messen und bestimmen. Da die Geschwindigkeit der Bewegung des Lichtes so außerordentlich groß ist, daß die Zeit, die es zum Durchlaufen eines Raumes auf der Erde braucht, für nichts zu rechnen ist, so hat man sich des mit einem Schall ausbrechenden Feuers, wie das Abfeuern der Gewehre und des Geschützes zur Nachtzeit, bedient, um daraus die Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles in der Luft, in bestimmter Entfernung zu messen. Die Resultate der Erfahrungen hierüber weichen freylich sehr von einander ab, wie sich auch aus der veränderlichen Beschaffenheit der Luft kaum anders erwarten läßt. Die von Cassini, Maraldi und De la Caille angestellten scheinen doch die genauesten und sichersten zu seyn, und zu Folge derselben durchläuft der Schall in Einer Secunde einen Raum von 173 Toisen, oder 1038 paris. Fuß.

Mémoires de l'acad. roy. des sc. de Paris. 1738. u. 1739. Gehlers phys. Wörterb. Th. III. S. 809.

Diese Geschwindigkeit des Schalles kann auch dazu dienen, um die Entfernung eines Orts, eines Gewitters, eines Schiffes u. d. gl., wenigstens einigermaßen, aus der Zeit, die zwischen dem Wahrnehmen des Schalles und des gleichzeitig ausbrechenden Lichtes verfließt, zu beurtheilen.

§. 889. Die Bewegung des Schalles ist gleichförmig, oder er durchläuft in gleichen Zeiten gleiche Räume. Die Stärke des Schalles mag beschaffen seyn, wie sie will, so ist die Geschwindigkeit desselben

hen einerley; und alle Gattungen des Schalles haben einerley Geschwindigkeit.

Experimenta et obſervationes de ſoni motu aliisque ad id attinentibus, factae a *D. W. Derhamo*, in den *philoſ. Tranſ. num.* 313. S. 3. ff.

§. 890. Alles, was die Elaſticität der Luft ändert, bringt auch Veränderungen in der Geschwindigkeit des Schalles zuwege, als Wärme und Kälte; Verdichtung und Verdünnung der Luft. Aber das Licht hat keinen Einfluß darauf. Wenn der Wind nach einer Richtung bläſt, die auf der Richtung des Schalles ſenkrecht iſt; ſo ändert er nichts in der Geschwindigkeit des Schalles. Sonſt aber vermehrt oder vermindert er dieſelbe, nachdem er mit dem Schalle in einerley oder in entgegengeſetzter Richtung geht.

§. 891. Die Größe des Schalls kann nicht von der größern Geschwindigkeit deſſelben abhängen; denn ſonſt müßte ein ſtarker Schall eher einen größern Raum durchlaufen, als ein ſchwacher, wogegen die angeſtellten Erfahrungen ſtreiten.

§. 892. Der Schall wird von harten Körpern nach den Geſetzen der Reflexion elaſtiſcher Körper zurückgeworfen. Darauf beruhet die Einrichtung der **Sprachgewölbe** Wenn durch dieſe Reflexion die Zerſtreuung des Schalles in die Runde verhindert, und die Divergenz der Schallſtrahlen dadurch in eine parallele Richtung verändert wird, ſo muß auch der Schall ſeine Stärke behalten, die er ſonſt verlieren würde. Darauf gründet ſich das **Sprachrohr.** Man iſt häufig bemüht geweſen, ihm die ſchicklichſte Figur zu geben; Hr. **Lambert** aber hat bewieſen, daß

daß die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beste, doch eben so gut sey, als jede andere. Sehr klingende Materien, oder solche, die eine starke Resonanz bewirken, können zwar bey der Anwendung zu Sprachröhren, die Stärke des Schalls vermehren, aber sie vermindern auch wieder auf der andern Seite die Deutlichkeit articulirter Töne.

Athanasii Kircheri neue Hall- und Tonkunst, a. d. L. Nördlingen 1684. Fol.

Sur quelques instrumens acoustiques, par Mr. *Lambertz* in den *Mem. de l'ac. roy. des sc. de Prusse.* 1763. S. 87.

§. 893. Wenn der Schallstrahl bey seinem Fortgange in der Luft senkrecht auf einen harten Körper stößt, so wird er auf diesen Körper mit seiner ganzen Gewalt wirken, und nach den Gesetzen der Reflexion von demselben wieder in eben der Richtung und mit eben der Geschwindigkeit zurückgeworfen werden. Ein Ohr also, das ganz nahe bey dem Orte des entstehenden Schalles ist, hört nicht allein diesen Urschall, sondern auch den Wiederschall, oder das Echo. Wenn aber dieser reflectirte Schall zu geschwind auf den erstern folgt, so wird er undeutlich und kann von jenem nicht unterschieden werden. Die Erfahrung lehrt, daß zwey Schalle deutlich sind, und unterschieden werden können, wenn sie in dem neunten Theile einer Secunde auf einander folgen. Wenn daher ein Echo eines Schalles deutlich gehört werden soll, so muß die den Schall reflectirende Ebene so weit vom Urschall entfernt seyn, daß der neunte Theil einer Secunde vergeht, ehe der Schall hin- und zurückgeht, oder, welches einerley ist, daß $\frac{1}{18}$ einer Secunde vergeht, ehe der Schall an die reflectirende Ebene anstößt. Wenn wir annehmen

nehmen, daß der Schall in einer Secunde 1038 parisische Fuß durchläuft (§. 888.), so muß die Ebene wenigstens $\frac{1038}{18}$ oder $57\frac{2}{3}$ Fuß vom Urschall entfernt seyn, wenn das Echo deutlich gehört werden soll. In dieser Entfernung kann es aber nur einen einzelnen Schall oder eine einzelne Sylbe deutlich wiederhallen, und heißt daher ein einsylbigtes Echo. Es kömmt bey dem Aussprechen eines mehrsylbigten Wortes schon der Schall der ersten Sylben zurück, ehe das ganze Wort ausgesprochen ist, und man hört daher nur die letzte Sylbe allein deutlich nachhallen.

§. 894. Wenn die den Schall reflectirende Ebene 519 parisische Fuß vom Urschall entfernt ist, so vergeht eine Secunde Zeit, ehe das Echo wieder an den Ort des Urschalls zurückkömmt, und in dieser Entfernung kann es schon vielsylbigte Worte wiederholen. Das Echo heißt alsdenn ein vielsylbigtes. Wenn mehrere zurückwerfende Körper in Entfernung neben einander liegen, so daß der Schall von einem zum andern, und von jedem wieder an dem Ort des Urschalles reflectirt wird, so entsteht ein vielfaches Echo, das eine Sylbe mehrere male wiederholt, weil der Schall von der fernern reflectirenden Ebene später ins Ohr zurückkömmt, als von der nähern, wenn anders nur der ursprüngliche Schall stark genug war.

Nachrichten von verschiedenen merkwürdigen Arten des Echo sehe man in Kirchers oben (§. 892.) angef. Schrift, und in Gehlers phys. Wörterb. Th. I. Art. Echo.

§. 895. Wenn man zwey Saiten, die aus einerley Materie bestehen, und gleich dick, aber ungleich lang sind, gleich stark spannt, so machen sie nicht ei-

nerley Empfindung auf unser Gehör, wenn sie erschüttert werden. Wir sagen, daß die kürzere Saite höher, die längere aber tiefer klinge, und diese bestimmte Höhe oder Tiefe des Klanges nennen wir Ton.

§. 896. Die gespannten Saiten verhalten sich wie die Pendul. Da nun ein Pendul desto langsamer schwingt, je länger es ist, so muß auch bey dem tiefen Tone der längern Saite die Anzahl der Schwingungen in einerley Zeit nicht so groß seyn, als bey dem höhern Tone der kürzern Saiten. Tiefe Töne sind also solche, welche in einerley Zeit weniger Schwingungen machen, als andere, mit denen man sie vergleicht, und hohe Töne, welche mehr Schwingungen in eben dieser Zeit machen. Es giebt aber für das menschliche Ohr eine gewisse Höhe und Tiefe, über und unter welche der Ton nicht weiter empfunden werden kann.

§. 897. Was bey den Penduln die verschiedenen Schweren sind, das sind bey den Saiten die spannenden Gewichte. Und so wie ein Pendul geschwinder fällt, wenn die Schwere stärker darauf wirkt, so schwingt auch eine Saite bey gleicher Länge schneller, wenn sie stärker gespannt ist; da nun von der Geschwindigkeit ihrer Schwingungen die Höhe ihres Tones abhängt, so sieht man leicht ein, daß man bey Bestimmung der Tonhöhe der Saiten auch außer der Länge auf ihre Spannungen Rücksicht nehmen müsse. Bey sehr langen und dicken Saiten läßt sich diese Ungleichheit ihrer Schwingungen, wenn sie verschiedentlich gespannt sind, auch schon durchs Auge wahrnehmen. Die Spannun-

nungen selbst kann man als ziehende Gewichte ansehen.

§. 898. Endlich kömmt bey der Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gegebenen Zeit macht, auch die Dicke derselben in Betracht, und sie widersteht der Bewegung um desto mehr, je mehr schwere Masse sie hat; sie muß sich also desto langsamer schwingen, und also einen tiefern Ton geben, je dicker sie ist, und umgekehrt, wenn auch die Längen und Spannungen gleich sind. Man hat folglich bey Bestimmung der Tonhöhe einer Saite 1) auf ihre Länge, 2) auf ihre Spannung, und 3) auf ihre Dicke zu sehen.

§. 899. Die Zahl der Schwingungen, welche ein paar Saiten von gleicher Dicke und gleicher Materie in einer gegebenen Zeit machen, verhält sich, wie die Quadratzahl des Bruches, wovon der Zähler das die Saiten spannende Gewicht, der Nenner aber die Länge derselben ist.

§. 900. Die Erfahrung bestätigt folgende aus dem Vorhergehenden fließende Sätze, bey Saiten von einerley Materie:

1) Bey gleich langen und gleich dicken, aber ungleich gespannten Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen, folglich ihre Tonhöhe, wie die Quadratwurzeln der spannenden Kräfte oder Gewichte.

2) Bey gleich gespannten und gleich dicken, aber ungleich langen Saiten verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt wie ihre Längen.

3) Bey gleich langen und gleich gespannten Saiten, die ungleich dick sind, verhält sich die Anzahl ihrer Schwingungen umgekehrt, wie ihre Durchmesser. — Eine Saite von ungleicher Dicke giebt falsche oder vermischte Töne an.

Mit den klingenden Glocken und den Blasinstrumenten hat es keinesweges eine ähnliche Beschaffenheit, als mit den Saiten. Hr. Chladni hat in seinem oben (§. 879.) angeführten Werke die Gesetze der Schwingungen und der Tonhöhe bey Glocken, Ringen, Scheiben und Streifen zu bestimmen gesucht, die ganz anders ausfallen, als die hier angeführten Gesetze der Tonhöhe klingender Saiten.

§. 901. Ein Paar Saiten haben den **Einklang**, wenn sie gleich viel Schwingungen der Luft in einerley Zeit bewirken. Wenn aber die eine Saite bey gleicher Dicke und Spannung nur halb so lang ist, als die andere, oder noch einmal so viel Schwingungen macht, so giebt sie der Erfahrung zufolge die **Oberoctave** des **Grundtons** an, den die andere Saite angiebt. Wenn ihre Längen sich verhalten wie 2 : 3, oder wenn die kürzere $\frac{2}{3}$ der Länge der andern hat, und sie also drey Schwingungen in einerley Zeit gegen zwey Schwingungen derselben macht, so giebt diese kürzere die **Quinte** der längern an; sie ist die **Quarte** des Grundtons, wenn sie $\frac{3}{4}$ der Länge derjenigen Saite hat, welche diesen angiebt; die **große Terze**, wenn ihre Länge $\frac{4}{5}$; die **kleine Terze**, wenn sie $\frac{5}{6}$; die **große Sexte**, wenn sie $\frac{3}{5}$; die **kleine Sexte**, wenn sie $\frac{5}{8}$; die **Oberduodecime** oder die **Oberoctav der Quinte**, wenn sie $\frac{1}{3}$; die **Oberduodecime-septime**, oder die **doppelte Octav der großen Terze**, wenn sie $\frac{1}{5}$ von der Länge derjenigen Saite ist, welche den Grundton angiebt. Es läßt

sich

sich nach dem Angeführten leicht angeben, wie die Spannungen der Saiten seyn müssen, wenn sie gleich lang und dick sind, und die angeführten Töne angeben sollen; oder auch, wenn sie gleich gespannt und gleich lang sind, wie ihre Dicke seyn müsse, wenn sie diese Töne angeben sollen.

Bestätigung durchs Tetrachord.

Sechster Abschnitt.

Feuer.

§. 902.

Man pflegt das Wort Feuer in der Naturlehre in einer gar verschiedentlichen Bedeutung zu nehmen, und darunter entweder den Wärmestoff allein, oder auch eine Modification des Lichts, oder endlich den Zustand zu verstehen, wo sich beide Licht und Wärme zugleich unsern Sinnen zeigen. In dieser letztern Bedeutung nehmen wir es hier. Wir betrachten also hier den Zustand der Körper, worin sie zu gleicher Zeit erwärmen und erleuchten; und Feuer ist diesemnach die Verbindung des Lichts mit dem freyen Wärmestoff.

§. 903. Der freye Wärmestoff, der mit dem Lichte vereiniget ist, nimmt an der Natur des letztern dergestalt Antheil, daß er mit dem Lichte gebrochen, und mit dem Lichte reflectirt wird, durch durchsichtige Körper so schnell, wie das Licht selbst, mit durchgehet, kurz alle die Erscheinungen befolgt, die oben von der Ausbreitung und Strahlung des Lichtes angeführt sind.

§. 904.

§. 904. Hierauf beruhet die Anwendung der erhabenen Gläser zu **Brenngläsern**, der Hohlspiegel zu **Brennspiegeln**, und der Grund von der Benennung des **Brennpunctes** für den Vereinigungspunct der Lichtstrahlen.

Von der Einrichtung und Wirkung großer Brenngläser und Brennspiegel sehe man Gehlers phys. Wörterb. Th. I. S. 440. ff. und S. 453. ff.

§. 905. Man unterscheidet das **Sonnenfeuer** vom **Küchenfeuer**. Jenes ist das reinste; dieses enthält nicht nur mehr oder weniger andere fremdartige Theile, die zugleich mit entwickelt werden, sondern es ist auch die Verbindung zwischen dem Wärmestoff und dem Lichte dabey nicht so innig, als im erstern. Ein Theil Wärmestoff des Küchenfeuers ist ohne Verbindung mit Licht, und daher kömmt es, daß man durch eine Glastafel das Gesicht gegen die Gluth desselben eine Zeitlang schützen kann, was beym Sonnenfeuer nicht angeht. Die Stärke des Feuers beruhet auf der Dichtigkeit des dabey befindlichen Wärmestoffs.

§. 906. Das Küchenfeuer bringen wir durch das **Verbrennen** (combustio) der Körper hervor. Die Erfahrung lehrt aber, daß nicht alle Körper auf der Erde geschickt sind, Feuer hervorzubringen, oder, welches einerley ist, freyen Wärme- und Lichtstoff aus sich zu entwickeln. Diejenigen, welche dies Vermögen haben, heißen **brennbare, entzündliche, verbrennliche Körper** (corpora inflammabilia, combustibilia), deren Anzahl nicht gering ist.

§. 907. Da nicht alle Körper des Verbrennens fähig sind, oder nicht alle dazu dienen, Feuer, d. h. freyes

freyes Licht und freye Wärme aus sich zu entwickeln, so war wol nichts natürlicher, als in den brennbaren Körpern etwas anzunehmen, was ihnen diese Fähigkeit ertheilt. Was dies Etwas aber sey, darüber hat man gar verschiedene Meinungen von jeher gehegt; so wie auch darüber, wie es das Feuer hervorbringe. Jeder, wer nur einigermaßen Nachdenken braucht, wird einsehen, daß ein Oehl, eine Fettigkeit, oder einen Schwefel anzunehmen, wie die Alten thaten, gewiß nicht den zureichenden Grund des Verbrennens der Körper erklärt, sondern vielmehr noch immer die Frage unbeantwortet läßt: was trägt das Oehl, das Fettige, oder der Schwefel zur Entstehung des Feuers bey?

§. 908. **Becher** nahm zuerst gegen das Ende des vorigen Jahrhunderts ein eigenes Wesen an, welches die Ursach der Fähigkeit zum Brennen in den verbrennlichen Körpern wäre, und **Stahl** erläuterte den Begriff von diesem Wesen näher, und nannte es **Phlogiston, brennbares Wesen, entzündlichen Grundstoff** (phlogiston, principium inflammabile). Und da man freylich endlich bey einem solchen Wesen stehen bleiben mußte, so kam es, daß dies Stahlische Phlogiston Epoche machte, und von den mehresten Naturforschern angenommen wurde, bis man jetzt in Frankreich angefangen hat, es wieder zu verwerfen.

Io. Ioach. Beccheri Physica subterranea. Lips. 1703. 8. Specimen beccherianum, exhib. *Geo. Ern. Stahl.* Lips. 1703. 8.

§. 909. Die Begriffe, die man sich von diesem Phlogiston machte, weichen sehr von einander ab. Bald

Bald dachte man sich es in einer erdigten Form, und glaubte, daß es das Elementarfeuer, oder den Wärmestoff, oder Lichtmaterie gebunden enthielte; bald hielt man es bloß für reine gebundene Wärmematerie; bald in gewisse Zellen des Körpers eingeschlossen, nach deren Zerreißung es frey werde, und so Feuer hervorbringe; bald für einen mit den übrigen ungleichartigen Bestandtheilen der verbrennlichen Körper innigst und chemisch verbundenen und davon aufgelösten Bestandtheil.

§. 910. Erst in neuern Zeiten gab man mehr auf die Umstände genau Acht, die bey dem Verbrennen der verbrennlichen Körper und also bey der Entwickelung des Feuers aus denselben zugegen sind; auf den Einfluß, den die Luft dabey hat; auf die Veränderungen, die sie dabey erleidet; und die Entdeckungen über die verschiedenen Luftarten hatten auch nothwendig neue Meinungen und Erklärungsarten über die Entstehung des Feuers zur Folge. Wir wollen zu dem Ende diese bey der Entwickelung des Feuers erforderliche Bedingungen, und die Erscheinungen, die sich dabey zeigen, selbst betrachten, und uns dann bemühen, die Ursachen davon aufzusuchen, und aus diesen Erscheinungen selbst die Natur des brennbaren Wesens zu erforschen.

§. 911. 1) Zur Entzündung eines jeden verbrennlichen Körpers ist eine vorhergehende Erhitzung nöthig, die nach der verschiedenen Natur derselben größer oder geringer seyn muß, und entweder durch Aussetzung des Körpers in diese höhere Temperatur, oder auch wol durch Reiben erhalten wird.

Durch das Aneinanderschlagen des Stahles und Feuersteines entstehen Funken.

Ei-

Eisen wird durch anhaltendes Hämmern im Dunkeln glühend.

Phosphorus wird durch Reiben entzündet.

Holz wird durch starkes Reiben entzündet.

Phosphorus entzündet sich von selbst in einer Schaale, die 90° F. heiß ist.

Schwefel entzündet sich von selbst, wenn man ihn auf fließendes Bley trägt.

§. 912. **2) Zur Entzündung verbrennlicher Körper ist der Zugang der respirablen Luft schlechterdings nothwendig.**

Dies beweisen die oben angeführten irrespirablen Luftarten, — und die Phlogistisirung der reinen Luft.

§. 913. **3) Das Verbrennen geschiehet um desto lebhafter, je reiner die Luft ist, und je mehr ihr Zugang befördert wird.**

Das Löthrohr. — Durchs Blasen mit dem Munde oder durch atmosphärische Luft wird durch dasselbe die Flamme und Hitze eines Lichtes verstärkt; am mehresten durch dephlogistisirte Luft.

Von den verschiedenen Einrichtungen des Löthrohrs, um dephlogistisirte Luft dadurch auf brennende Körper strömen zu lassen.

Durch Blasebälge wird die Gluth des Brennmaterials in den Oefen verstärkt.

Eben dies geschiehet durch vermehrten Luftzug in den Windöfen.

Andere Bestätigungen dieses Satzes geben die oben bey der dephlogistisirten Luft (§. 860.) angeführten Versuche.

§. 914. **4) In einer bestimmten Menge von Luft kann nur eine gewisse Menge des verbrennlichen Körpers verbrennen, und zwar um desto mehr vom leztern, je reiner die Luft ist.**

In einem eingeschlossenen Raume von Luft verlöschen Kerzen, brennende Kohlen, brennender Phosphorus u. s. w. endlich von selbst, wenn sie in hinreichender

Men-

Menge da sind, und der Zugang frischer Luft vermindert wird.

Ein Gran Harnphosphorus erfordert zu seinem völligen Verbrennen 12 parisische Cubikzoll gewöhnlicher atmosphärischer Luft.

In einem eingeschlossenen Raume von Luft kann nur eine bestimmte Menge von Bley, Zinn, Eisen u. d. gl. verkalkt werden.

§. 915. 5) Die Luft, worin ein Körper brennt, nimmt an Umfang und an absolutem Gewichte ab, und zwar um desto mehr, je reiner sie ist, oder, welches einerley, je länger das Verbrennen darin unterhalten werden kann. Der Rückstand ist allemal in Stickgas verwandelt.

Durch einen Gran Phosphorus wird die atmosphärische Luft um drey Cubikzolle vermindert, wenn er darin verbrennt.

Acht Cubikzolle dephlogistisirter Luft werden durch brennenden Phosphorus bis auf ½ Cubikzolle gebracht.

Eben so wird auch die Luft durch verkalkende Metalle und andere phlogistische Processe vermindert.

§. 916. 6) Das absolute Gewicht der verbrannten Körper nimmt, wenn sie beym Verbrennen nur sonst nichts Flüchtiges, keinen Dampf oder Rauch, entwickeln, im Rückstande nahe so viel zu, als die Luft, darin sie verbrennen, daran abnimmt.

Ein Gran Phosphorus nimmt beym Verbrennen um etwa 1½ Gran zu.

Das verkalkende Bley und Zinn um 10 Procent.

§. 917. Es würde außer meinem Zweck seyn, mich hier in eine Geschichte der verschiedenen Meinungen über diese Umstände des Verbrennens einzulassen. Ich gehe daher gleich zu der Theorie über, die ich davon entworfen habe. Ich halte die verbrennlichen Körper selbst für die Quelle des Feuers beym

beym Verbrennen, und nicht die reine Luft, die dazu nur Bedingung ist. Ich nenne das Wesen, das den entzündlichen Körpern die Fähigkeit zum Brennen ertheilt, nach Stahl, Phlogiston, oder Brennstoff, und halte es mit ihm für gebundenes Feuer. Wir wissen aus den oben (§. 648—650.) beym Licht angeführten Thatsachen, daß eine unzählige Menge von Körpern das Vermögen besitzen, Licht einzusaugen; eben so wissen wir auch aus den beym Wärmestoff angeführten Erfahrungen, daß auch dieser fähig ist, von den Körpern so aufgenommen zu werden, daß er seine Strahlung verliert; warum sollten also alle Körper in der Natur, außer die reine Luft, unfähig seyn, gebundenes Feuer, d. i. gebundenen Licht- und Wärmestoff zu enthalten? Wird nun ein entzündlicher Körper, d. i., ein solcher, der gebundenes Feuer enthält, hinlänglich erhitzt, so wird die Affinität zwischen seinen Theilen und dem davon gebundenen Brennstoff schwächer; kömmt jetzt die respirable Luft hinzu, so wird durch ihre starke Anziehung zum Brennstoff dieser völlig getrennt. Da aber die Luft das Phlogiston nicht sogleich und plötzlich, und in dem Maaße wieder binden kann, als es aus dem Körper frey wird, so wird ein größerer oder geringerer Theil davon zum freyen Feuer, und bildet das Verbrennen. Vermöge der dadurch entstehenden Ertzung dauert nun so beym gehörigen Zugang der Luft das Verbrennen des Körpers bis zu seiner gänzlichen Zerstörung fort. Je reiner die Luft ist, um desto stärker ist die Anziehung zum Brennstoff, um desto mehr entwickelt sie auf einmal, um desto lebhafter ist also auch der Act des Verbrennens. Da die respirable Luft endlich durch die Sättigung mit dem Brennstoff

zum

zum Stickgas wird, so kann auch nur eine bestimmte Menge des verbrennlichen Körpers in einer bestimmten Menge von Luft verbrennen. Da in denjenigen Theilen des verbrennlichen Körpers, die das Feuer gebunden enthielten, die Schwerkraft derselben eben so durch das Licht und den Wärmestoff aufgehoben war, als in diesen die Expansivkraft; so muß nach Abscheidung des Brennstoffs der dephlogistisirte Rückstand mehr wiegen, als er vor dem Verbrennen wog, wie aus der oben (§. 344.) im Allgemeinen gegebenen Erklärung folgt. Die Luft, die mit mehrerem Brennstoff beladen endlich zum Stickgas wird, muß dadurch eben so in ihrem Gewicht vermindert werden, als der dephlogistisirte Rückstand daran zugenommen hat. Wird nun das Gewicht der eingeschlossenen Luft vermindert, ohne daß ihre Elasticität vermehrt wird, so ist es ja eben so gut, als ob ein Theil der Luft weggenommen worden wäre, und der Druck der äußern Luft muß sie natürlich in den kleinern Raum bringen. So erklären sich also hiernach alle Umstände des Verbrennens leicht und ungezwungen.

§. 918. Nach Hrn. Lavoisier ist bloß die Lebensluft (gas oxygène) die Quelle des Feuers beym Verbrennen der Körper. Ein verbrennlicher Körper ist nach ihm ein solcher, der bey einer gewissen Temperatur das Vermögen besitzt, das Oxygen des Gas oxygene stärker anzuziehen, als dasselbe vom Wärmestoffe im Gas oxygene angezogen wird. Dadurch wird das letztere zersetzt, sein vorher gebundener Wärmestoff wird frey, und bringt dadurch eben das Feuer des Verbrennens zuwege. Der verbrennliche Körper wird durch die Aufnahme des Oxygen's in seiner Natur geändert; oft eine

Säu-

Säure; und ist dadurch im Gewicht vermehrt. Ist Stickgas in der zum Verbrennen angewandten respirablen Luft zugegen gewesen, so bleibt dies zurück.

Kurze Darstellung der vorzüglichsten Theorien des Feuers, dessen Wirkungen und verschiedenen Verbindungen, von W. A. E. Lampadius. Göttingen 1793. 8.

§. 919. Wenn das Phlogiston in einem Körper so lose gebunden ist, daß es keiner äußern Erhitzung bedarf, damit die respirable Luft es frey mache, so geht dasselbe unzersetzt, oder ohne Feuer zu bilden, an die Luft über, und phlogistisirt sie.

Beyspiele geben: das Athmen der Thiere, das Verwittern der Schwefelleber, die Phlogistisirung der Luft durch Salpeterluft, das Rosten des Eisens an der Luft, und anderer Metalle.

§. 920. Der Erfahrung zufolge verbrennen die entzündlichen Körper entweder mit **Flamme**, oder mit bloßem **Glühen**. Bey jener erhebt sich auch zugleich ein **Rauch**, und dieser Rauch überzieht die Körper, an welche er schlägt und an welchen er abgekühlt wird, mit dem **Russe** (fuligo).

§. 921. Die chemische Zergliederung zeigt, daß alle die Körper, welche mit Flamme verbrennen, flüchtige Theile haben, welche durch die Hitze in Dämpfe verwandelt werden können, die, wenn sie feste Theile waren, sich dann nach dem Abkühlen auch als feste Theile absetzen, und den Ruß bilden. Die Flamme des brennenden Körpers ist solchergestalt der brennende Rauch oder Dampf desselben. Bey der Erhitzung werden nemlich seine flüchtigen entzündbaren Theile entwickelt, und sie entzünden sich erst bey ihrer Verflüchtigung, wenn sie den nöthigen Grad der Erhitzung haben. Wenn in diesen

sich

sich verflüchtigenden Theilen nicht alles Phlogiston frey gemacht, und zum Feuer entwickelt wird, so ist auch der Ruß, den sie absetzen, noch entzündbar, wenigstens phlogistisch; und dies geschieht, wenn sie nicht die dazu nöthige Wärme empfangen, oder behalten, oder die Luft nicht genug Zugang hat.

Argand's Lampe.

§. 922. Höchst verschiedene Dinge können also in den brennenden Körpern die Flamme ausmachen, je nachdem der Körper ist, welcher verbrennt. Eben diese mannigfaltigen Bestandtheile, welche aus den brennenden Körpern in der Hitze entwickelt werden, und erst bey ihrer Verflüchtigung brennen, verursachen auch die so außerordentliche Verschiedenheit in der Farbe der Flamme.

Weingeist verbrennt mit einer bläulichen Flamme;
Zink mit einer blendenden weißlichgelblichen;
Kupfer mit einer grünen;
Papier in die Auflösung der salpetersauren Kalkerde getaucht und getrocknet, mit einer grünen;
Sedativsalz und Weingeist mit einer grünen.

Ein Gemenge aus einem Theile Salmiak, zwey Theilen Grünspan, und zwey Theilen weißen Pech, verbrennt mit einer schöngrünen Flamme.

Ein anderes aus einem Theile gebrannten Kupfervitriol, einem halben Theile Salmiak, und einem Theile weißen Pech, brennt mit einer blauen Flamme.

§. 923. Die Flamme ist folglich nichts weniger, als reines Feuer, d. h. bloßer Wärme- und Lichtstoff. Reiner ist das Glühefeuer (§. 920.), welches aus solchen entzündlichen Körpern entsteht, die beym Verbrennen nichts Flüchtiges weiter entwickeln, was einen sichtbaren Rauch bewirken könnte. Unverbrennliche Körper, z. B. Steine, können zwar durch andere brennende Körper dahin gebracht werden, daß

sie

sie ebenfalls glühen; allein dies ist nur ein mitgetheiltes, kein eigenthümliches Glühen, von welchem hier die Rede ist.

§. 924. Wenn Materien zusammen vermischt werden, die bey ihrer Einwirkung auf einander Wärmematerie entwickeln und frey machen, und entzündliche Stoffe dabey sind, so kann dadurch beym Zugang der freyen Luft allerdings Selbstentzündung bewirkt werden.

Hieher gehört die Entzündung der Oehle durch rauchenden Salpetergeist, und die des rauchenden Vitriolöhles mit gebrannter Bittersalzerde.
M. s. m. Handb. der Chem. Th. I. §. 865. §. 689.

§. 925. Wenn aber auch in entzündlichen Gemischen durch die Veränderung ihrer Mischung beym Ruhigstehen oder auch an der respirablen Luft Wärmestoff entwickelt wird, so können sie dadurch ebenfalls in Selbstentzündung gerathen.

Beyspiele geben: die Selbstentzündung der Schwefelkiese, des Kupfersalpeters mit Stanniol, des Hanfes mit Leinöhl und Kienruß, der geröſteten Rockenkleye, des geröſteten Cichorienkaffees, und mehrerer dergleichen Dinge, die wegen der dadurch entstehenden Feuersgefahr die Aufmerksamkeit der Polizey insbesondere verdienen.

Ich empfehle hierüber zum Nachlesen: Beytrag zur Geschichte der Selbstentzündungen und der sogenannte Luftzünder, vom Hr. B. R. Buchholz; in Crells chem. Annalen J. 1784. B. I. S. 411. ff. u. 483. ff.

§. 926. Hieher gehört auch der merkwürdige Hombergische Pyrophorus oder Luftzünder, der sich bey Berührung der Luft, zumal wenn diese feucht ist, von selbst entzündet. Zu seiner Verfertigung nimmt man fünf Theile gebrannten Alaun, und einen Theil feinen Kohlenstaub; man vermengt beides

des sehr genau mit einander durch Reiben, schüttet das Pulver in eine kleine irdene Flasche, stellt sie in einem Tiegel in Sand, und erhitzt alles zwischen Kohlen stufenweise. Es steigen schwefligte Dünste aus der Mündung der Flasche, die sich endlich entzünden, und eine blaue Flamme bilden. Man erhält das Pulver in der Flasche so lange im Glühen, bis die blaue Flamme an der Mündung ganz verschwunden ist. Man verstopft nun die Flasche genau, und läßt alles allmählich erkalten. Die wesentlichen Bestandtheile dieses Pyrophors sind alkalische Schwefelleber und kohligte Substanz. Durch die Dazwischenkunft des Laugensalzes ist das Brennbare des Schwefels desselben, wie in jeder Schwefelleber, in einem lockern Zusammenhange mit der Vitriolsäure; durch die nachher hinzutretende Feuchtigkeit der Luft wird dieser endlich so schwach, daß durch die Anziehung der reinen Luft, und durch die bey der Einsaugung des Wäßrigten vom Laugensalze sich entwickelnde Erhitzung, das Phlogiston entbunden und zum Feuer wird.

§. 927. Das Verbrennen mancher Körper kann so schwach seyn, daß wir nicht die dabey sich entwickelnde Wärme, sondern nur im Dunkeln das Leuchten wahrnehmen.

Hieher gehören eben die oben (§. 652.) angeführten Leuchtsteine oder Lichtträger.

§. 928. Wenn bey dem Verbrennen eines entzündlichen Körpers oder Gemisches zugleich auch durch die damit verknüpfte Erhitzung luftförmige Stoffe erzeugt werden, die plötzlich und schnell hervorbrechen, so ist die Entzündung mit einem Geräusche oder mit einem Knall vergesellschaftet.

Bey-

Beyspiele geben: das Verpuffen (Detonatio) des Salpeters und der salpetersauren Salze überhaupt, mit entzündlichen Substanzen; das Schiespulver, das Knallpulver, das Knallgold, das Knallsilber.

Von der Zusammensetzung des Schiespulvers und der Einwirkung seiner Bestandtheile bey der Entzündung, s. mein Handb. d. Chem. Th. I. §. 895. ff.; von den Ursachen seiner Gewalt bey der Entzündung, s. Ingenhousz verm. Schr. B. I. S. 393.

Vom Knallpulver s. mein Handb. der Chem. B. I. §. 901. 909.

Siebenter Abschnitt.

Electrische Materie.

§. 929.

Wenn man eine trockene Glasröhre, oder ein Stück Stangenschwefel, oder Bernstein, oder eine Stange Siegellack mit einem Stück Flanell reibt, so findet man, daß leichte und kleine Stückchen Papier, Eisenfeil, Goldblättchen, kleine Korkkügelchen, u. d. gl. von diesen geriebenen Körpern erst angezogen, hernach aber wieder zurückgestoßen werden. Ist die Glasröhre von hinlänglicher Größe, und lange und stark genug gerieben worden, z. B. dadurch, daß sie durch eine Maschine schnell zum Umdrehen gebracht wird, und sich dabey an einem ledernen Küssen reiben muß, so macht sie, wenn man das Gesicht etwas nahe daran hält, die Empfindung, als wenn Spinnweben übers Gesicht gezogen würden. Man spürt einen süßlichen Geruch, fast wie nach Harnphosphorus; und nähert man ihr den Knöchel eines Fingers, so bricht ein leuchtender Funke mit einem Geräusch hervor, der zu gleicher Zeit in dem Finger ein Stechen verursacht.

§. 930. Diese Wirkungen einer noch nicht recht bekannten Ursach, nennt man electrische Erscheinungen (phaenomena electrica), und den Zustand der Körper, worin sich diese Erscheinungen zeigen, Electricität (electricitas), womit man aber auch manchmal die Ursach selbst, die wir unterdessen electrische Materie nennen wollen, bezeichnet. Electrisirt heißt ein Körper, der in den Zustand gebracht worden ist, daß er die angeführten Erscheinungen zeigt; electrisch aber derjenige, welcher dieses Zustandes fähig ist.

§. 931. Wenn man den hinlänglich electrisirten Glascylinder oder die Glasröhre oder Siegellackstange einem starken metallenen, gehörig abgerundeten und ohne starke Spitzen und Ränder seyenden Drathe, das an seidenen Schnüren aufgehängt ist, oder auf gläsernen Füßen ruhet, nähert, so bricht auch ein Funken hervor, wenn beide nahe genug kommen, und das Metalldrath zeigt nun electrische Erscheinungen, oder ist electrisirt. Eben so wird auch das Metalldrath electrisirt, wenn es sonst in unmittelbarer Berührung mit der geriebenen Glasröhre, und den geriebenen Stellen nahe genug ist.

§. 932. Nimmt man statt des Metalldraths dazu eine andere Glasröhre, eine Siegellackstange, oder ein seidenes Band, so erfolgt kein Funken bey der Annäherung, und diese werden nicht electrisirt; so wird aber auch das Metalldrath nicht zur Electricität gebracht, wenn es mit den geriebenen Stellen der Glasröhre durch eine seidene Schnur verbunden ist.

§. 933. Ferner zeigt auch das Metalldrath nach dem Ausbruche des Funkens von der geriebenen electri-

sirten Glasröhre keine Electricität, wenn dasselbe eine Person in der Hand hält, die auf der Erde steht, oder wenn es sonst mit der Erde in Berührung ist, oder in einer Mauer steckt.

§. 934. Wenn eine metallene Röhre auf eine ähnliche Art, wie eine Glasröhre (§. 929.) gerieben wird, während daß man sie in der andern Hand hält, so giebt sie keine Spür von den electrischen Erscheinungen.

§. 935. Diese Erfahrungen (§. 931—934.) führen auf die Schlußfolge, daß das Metall, die Erde, der Mensch die electrische Materie, von welcher die electrischen Erscheinungen abhängen, leiten, oder sogleich auf ihrer Oberfläche oder durch ihre Substanzen weiter verbreiten; die Seide, das Glas, das Siegellack aber dieselbe nicht leiten, oder fortführen, oder durch sich sogleich durchlassen.

§. 936. Man hat hiernach alle bekannte Körper in Leiter (conductores) und Nichtleiter (non conductores) eingetheilt. Und weil die erstern durchs Reiben nach der gewöhnlichen Art nicht electrisirt werden können, sondern wegen ihrer Leitung die durchs Reiben erregte Electricität abführen, so hat man sie auch unelectrische (corpora anelectrica), die letztern aber, welche durchs Reiben stark und merklich electrisirt werden, eigentlich electrische, an sich electrische Körper (corpora electrica) genannt.

§. 937. Allein diese Eintheilung in electrische und unelectrische Körper ist nicht ganz genau und richtig; denn es können allerdings auch Metalle für

sich durch Reiben electrisirt werden, wenn man nur die Ableitung der erregten Electricität verhütet. Es laufen auch die Gränzen der sogenannten electrischen und unelectrischen Körper so in einander, daß wir weder einen **vollkommen electrischen Körper**, der die electrische Materie gar nicht durch seine Substanz verbreitete, noch einen **vollkommenen Leiter**, in welchem die Electricität auf keine Art erregt werden könnte, kennen. Jeder electrische Körper ist vielmehr ein mehr oder weniger unvollständiger Leiter, und jeder Leiter ein mehr oder weniger unvollständiger electrischer Körper. Viele electrische Körper werden unter gewissen, oft zufälligen Umständen, zu Leitern; und manche Körper sind eben so unvollständige Leiter als Nichtleiter. Man nennt diese **Halbleiter**, z. B. trockene Marmorplatten, trockenes nicht gewärmtes Holz.

§. 938. Um indessen doch diejenigen Körper, in welchen, wie z. B. in dem Glase, die Electricität leicht und merklich durch Reiben an andern schicklichen Körpern erregt werden kann, und welche die erregte Electricität nicht sogleich fortführen, und durch ihre Substanz nur mit Schwierigkeit verbreiten, von den andern zu unterscheiden, in denen das Gegentheil geschiehet, so mögen die Benennungen der **Nichtleiter** für die erstern, und der **Leiter** für die letztern dienen, und wir werden dieselben auch in diesem Sinne brauchen.

§. 939. Zu diesen **Nichtleitern, oder electrischen Körpern**, gehören besonders: das Glas, und die mehresten Verglasungen, Bergkrystall, alle Edelgesteine, der Turmalin, russisches Glas; alle Harze:

besonders Copal, Colophonium, Pech, Gummilack; Federharz; die festen Erdharze: Bernstein, Asphalt, Steinkohlen; der Schwefel; Wachs; die Seide; trockne Baumwolle; Federn; Wolle; Haare; trockenes Elfenbein; die milden und ätherischen Oehle; gedörrtes und sehr trockenes Holz; die recht dephlogistisirten metallischen Kalke; und endlich die Luft, wenn sie nicht feucht ist.

§. 940. Zu den **Leitern** müssen besonders gerechnet werden: alle reguliniſche Metalle; das Wasser, der Nebel; der Rauch; alle wäßrige Säfte der Pflanzen und Thiere, und ihre weichen Theile; thierische und vegetabilische Kohlen; alle Salzauflösungen; Weingeist; Aether; feuchtes Holz; feuchte Luft; und vorzüglich unsere Erde. Glühendes Glas ist ebenfalls ein Leiter, so wie auch geschmolzenes Harz, heiße Luft, sehr erhitztes gedörrtes Holz, da diese Körper sonst unter andern Umständen Nichtleiter sind.

§. 941. Um die Nichtleiter zu electrisiren, d. h. sie in den Zustand zu versetzen, daß sie die electrischen Erscheinungen zeigen, dient vorzüglich das **Reiben** mit verschiedenen Materien, von denen wir gleich reden werden; und da sich die electrische Materie in diesen Nichtleitern nicht sogleich vertheilt, wie in den Leitern, so zeigen sie jetzt Electricität. Sie heißen daher auch **ursprünglich electrische Körper** (corpora idioelectrica). Wenn man aber einen Leiter durch andere Nichtleiter von andern leitenden Materien absondert, oder, wie man sagt, isolirt, z. B. dadurch, daß man ihn an seidenen Schnüren aufhängt, oder auf Glas, oder auf Harz u. d. gestützt,

stützt, (wie in dem Versuche §. 931.), und dann so dem hinlänglich electrisirten Nichtleiter nähert, oder damit in Berührung bringt, so wird er dadurch ebenfalls electrisirt. Man sagt in diesem Falle, die Electricität des Nichtleiters gehe an den Leiter über; oder theile sich ihm mit; man nennt diese Electricität des Leiters eine **mitgetheilte** (electricitas communicata, derivativa), und unterscheidet sie von jener **ursprünglichen** der Nichtleiter (el. originaria). Die Leiter heißen deswegen auch **symperielectrische Körper.**

Außer dem Reiben wird die Electricität verschiedener Nichtleiter auch noch erregt durchs Schmelzen und Abkühlen; beym Turmalin und einigen andern Steinarten durchs Erwärmen und Abkühlen; auch durch Verdunstung.

§. 942. Da die Nichtleiter die mitgetheilte Electricität des mit ihnen verbundenen, oder durch sie isolirten, Leiters nicht sogleich abführen, so zeigen sie jetzt die electrischen Erscheinungen. Da die trockene Luft ein Nichtleiter ist, so kann der zu electrisirende Körper darin isolirt werden; und wir würden, wenn sie es nicht wäre, gar keine mitgetheilte Electricität darin hervorbringen. Feuchte und erwärmte Luft aber leitet, und daher gehen bey feuchtem Wetter die electrischen Versuche nicht so gut von statten, als bey trocknem; und in Zimmern, worin viele Personen sind, schlecht oder gar nicht. Ueberhaupt ist die atmosphärische Luft, weil sie nie von leitenden Stoffen frey ist, ein ziemlich unvollkommener Leiter.

§. 943. Wenn man einen isolirten electrisirten Leiter mit einem andern, nicht isolirten, Leiter berührt,

so verliert jener seine Electricität ganz und auf einmal; ein ursprünglich electrisirter Nichtleiter verliert seine Electricität nur durch wiederholtes Berühren, und der allmählige Verlust seiner Electricität trifft jedesmal nur die berührte Stelle.

§. 944. Ein Nichtleiter entzieht dem isolirten electrisirten Körper wenig oder nichts; und um ihn durch Mittheilung zu electrisiren, muß man ihn an mehreren Stellen berühren, und doch nimmt er die Electricität nur mit Schwierigkeit an.

§. 945. Die Mittheilung der Electricität unter isolirte Leiter von einerley Materie richtet sich der Erfahrung zufolge nicht nach ihren Massen, sondern nach ihren Oberflächen und der Ausdehnung in die Länge.

§. 946. Durch die Mittheilung werden die isolirten Leiter electrisirt, nicht nur wenn sie mit electrisirten Körpern in unmittelbarer Berührung sind, sondern auch dann, wenn sie ihnen auf eine gewisse Weite genähert werden. Ist das genäherte Ende des Leiters stumpf, oder abgerundet, so entsteht ein **Funken**, wenn er dem electrisirten Körper nahe genug kömmt, der nach der verschiedenen Stärke der Electricität mit einem größern oder geringern Geräusche oder Knalle sichtbar hervorbricht. Die Weite, in welcher dies geschiehet, heißt die **Schlagweite**, und sie ist desto größer, je stärker die Electricität des electrisirten Körpers ist. Wenn der electrisirte Körper ein Nichtleiter ist, so ist der Funke nur schwach, und die Schlagweite nicht so groß, als bey einem electrisirten, isolirten Leiter. Ist in diesem Falle der Leiter, mit welchem man den Funken herauslockt, iso-

isolirt, so vertheilt sich die Electricität nach Inhalt ihrer Oberfläche; ist er aber nicht isolirt, so zeigen beide nach dem Ausbruche des Funkens keine Electricität.

§. 947. Wenn das genäherte Ende des Leiters zugespitzt ist, so geschieht der Uebergang der Electricität durch ein Ueberströmen, das bey schwachen Electricitäten wenigstens im Dunkeln entweder in Gestalt eines Lichtpunctes oder eines Feuerbüschels erscheint. Die Weite, in welcher hier der Uebergang der Electricität geschiehet, ist weit beträchtlicher, als bey der Mittheilung durch Funken, und kann sich bey starken Electricitäten auf eine sehr beträchtliche Weite erstrecken. Bey nicht zu schwachen Electricitäten ist dies Ueberströmen durch Spitzen mit einem merklichen Geräusch begleitet.

§. 948. Eben so leicht, als die electrische Materie in Leiter durch Spitzen derselben überströmt, so leicht strömt sie durch dieselben auch wieder den isolirten Leitern aus, und ein electrisirter isolirter Leiter, der mit Spitzen versehen ist, verliert seine Electricität sehr bald, und viel früher, als ein abgerundeter.

§. 949. Bey dem Ausströmen der Electricität aus den Spitzen eines isolirten Leiters nimmt man auch zugleich durchs Gefühl eine Bewegung wahr, wie ein Blasen, das aber allezeit von der Spitze ausgeht.

§. 950. So verhindert auch eine leitende unisolirte Spitze, die man in der Nähe eines isolirten Leiters hält, die Anhäufung der in dem letzten zugeführ-

führten Electricität, und führt diese schnell und stark ab.

§. 951. Alle diese bisher vorgetragene Erfahrungssätze und mehrere andere, lassen sich am besten an der eigentlichen Electrisirmaschine (machina electrica) durch Versuche zeigen. Die wesentlichen Theile derselben sind 1) der electrische Körper, der durch eine bequeme Vorrichtung zu einem schnellen Umdrehen gebracht, und in welchem durchs Reiben die Electricität leicht erregt wird; 2) das Reibzeug selbst, und 3) der isolirte Leiter, den man auch wol den Hauptleiter, den ersten Leiter, oder schlechtweg den Conductor nennt, und dem die in dem electrischen Körper durchs Reiben entwickelte Electricität zugeführt wird. Es ist deswegen nöthig, daß man aus ihm starke Funken oder starke Uebergänge der Electricität erhalte, weil diese aus dem geriebenen Nichtleiter nur allemal schwach sind (§. 946.).

§. 952. Da es mancherley electrische Körper giebt, in welchen die Electricität durch Reiben erregt werden kann (§. 939.), so hat man auch mehrere davon zu den Reibern der Electrisirmaschinen vorgeschlagen; am bequemsten schickten sich aber doch dazu weißes, nicht zu alkalisches, Glas, dem man bald die Gestalt eines Sphäroides, bald eines Cylinders (Cylindermaschinen), bald der Scheiben (Scheibenmaschinen) gegeben. Der Unterschied der von verschiedenen Schriftstellern und Künstlern vorgeschlagenen und erfundenen Electrisirmaschinen, beruhet theils auf der Verschiedenheit der Materie des electrischen Reibers, theils auf der bequemern

Form

Form desselben, theils auf der Art und Weise das Reibzeug anzubringen; theils auf dem Mechanismus, den electrischen Körper in Bewegung zu setzen. Die von Herrn Cavallo beschriebene Glascylindermaschine empfiehlt sich durch ihre Einfachheit und Bequemlichkeit, und man kann mit derselben und dem übrigen gehörigen electrischen Apparat alle nöthige Versuche anstellen. Ihre etwas geänderte Einrichtung wird durch ihre Zerlegung in den Vorlesungen selbst gezeigt.

Vollständige Abhandlung der theoretischen und practischen Lehre von der Electricität, nebst eignen Versuchen von Tiberius Cavallo. a. d. Engl. 2. Aufl. Leipz. 1783. 8. S. 119. ff.

Von den vielen vorgeschlagenen, zum Theil wieder obsolet gewordenen Electrisirmaschinen erwähne ich nur hier der gebräuchlichsten und merkwürdigsten:

1) Ingenhousz Glasscheibenmaschine.
Ingenhousz vermischte Schriften B. I. S. 172. ff. Schmidt Beschreibung einer Electrisirmaschine und deren Gebrauch. Jena 1773. 4.

2) Cuthbertsons Maschine mit doppelten Glasscheiben.
John Cuthbertsons Abhandlung von der Electricität, nebst einer genauen Beschreibung der dahin gehörigen Werkzeuge und Versuche, a. d. Holl. Leipz. 1786. 8. S. 15. f. und S. 99.

3) Die von Cuthbertson verfertigte große Maschine mit doppelten Glasscheiben im Teylerischen Museum zu Haarlem.
Beschreibung einer ungemein großen Electrisirmaschine, und der damit im Teylerschen Museum zu Haarlem angestellten Versuche, durch Martinus van Marum, a. d. Holländischen. Leipz. 1786. 4. Erste Fortsetzung. a. d. Holl. Leipz. 1788. 4.

4) Van Marums Glasscheibenmaschine.
Beschreibung einer neuen, einfachen, und vortheilhaften Electrisirmaschine, von Hr. v. Marum; im Journ. d. Phys. B. IV. S. 3. ff.

5) Hrn. Legationsraths Lichtenbergs Electrisirmaschine aus schwarzem, glatten, wollenen Zeuge, das sich an Katzenfellen reibt.
Lichtenbergs Magazin für das Neueste aus der Phys. B. I. St. 1. S. 83. ff.

Die Glaskugeln oder Glascylinder, die man zu den Electrisirmaschinen wählt, werden mit ihren Hälsen in eine messingene oder auch in eine hölzerne Haube oder Büchse, mit einem Kütt aus gleichen Theilen Pech und Wachs, und einem halben Theile rothen Ocker gekuttet. Die metallene Achse darf nicht durch sie hindurchgehen, weil dies sonst zu viel Leitung bewirkt. Die innere Seite dieser gläsernen Kugeln oder Cylinder überzieht man auch wol mit einem Gemische aus einem Theile Terpenthin, zwey Theilen Colophonium, einem Theile Wachs und einem Theile Pech, das man über dem Feuer hat zergehen lassen. Um der durch Erwärmung in den Cylindern bey dem Reiben ausgedehnten Luft einen Ausgang zu verstatten, ist es rathsam in einer Haube desselben eine Oeffnung anzubringen.

§. 953. **Zum Reibzeuge** bey den Glasmaschinen nahm man sonst lederne Küssen, die man mit Haaren stopfte. D. **Nooth** hat bey den gläsernen Cylindermaschinen mit mehrerm Vortheil ein dünnes mit Pferdehaaren ausgestopftes seidenes Küssen vorgeschlagen, das mit der einen Seite an ein, nach der Krümmung des Cylinders eingerichtetes, hölzernes Gestelle befestigt, und mit einem hieran befestigten und mit einem Zinkamalgama und etwas Fett bestrichenen Leder nur bedeckt ist, an dessen andern Ende sich ein Stück Wachstaffet befindet, der einen Theil des Cylinders umgiebt. Um das Küssen bequem an den Cylinder zu drücken, dienen Stahlfedern, oder noch besser seidene Schnüre, die an dem andern freyen Ende des Küssens befestigt, über den Cylinder gezogen, und an einem bequemen Orte des Tisches, worauf die Maschine steht, hinlänglich angespannt werden. Bequem ist es, wenn man das Reibzeug auch isoliren kann, und dies geschieht am besten dadurch, daß man das Brett, worauf das Küssen ruhet, auf eine hinlänglich starke gläserne Säule setzt, die man auch wol noch mit Pech oder Siegellack ausgießt und

überzieht. Um diese Isolirung aufzuheben, hängt man an das Leder des Küssens ein Metalldrath, das bis auf die Erde reicht.

Cavallo a. a. O. S. 106. f.

Das Zinkamalgama besteht aus 5 Theilen Zink, und 1 Theil Quecksilber. Man schmelzt den erstern, und gießt dann das Quecksilber dazu, entfernt das Gefäß vom Feuer, und rührt alles wohl um. Von diesem Amalgama reibt man etwas in einem steinernen Mörser recht fein, und mit etwas Unschlitt zusammen, und streicht es auf das Leder auf. So oft das Amalgama auf dem Leder fest und trocken wird, muß man es entweder aufkratzen, oder neues auftragen.

§. 954. Der erste Leiter oder Conductor der Maschine (§. 951.) ist ein blecherner Cylinder, der an dem einen, dem electrischen Reiber zugekehrten Ende mit mehrern Spitzen, dem Zuleiter, versehn, sonst aber, um das Ausströmen der Electricität aus ihm zu verhüten, allenthalben aufs genaueste abgerundet, und ohne scharfe Ecken und Kanten seyn muß. Man befestigt an dem hintern und äußersten Ende desselben auch wol noch eine messingene Kugel, und überzieht das übrige, den Zuleiter ausgenommen, mit Firniß oder Siegellack. Dieser erste Leiter muß nothwendig isolirt seyn, wenn er electrisirt werden soll, und man stellt ihn deswegen mit den unten an ihm befestigten metallenen Hauben, die wohl abgerundet seyn müssen, auf hinlänglich lange und starke Glasfüße, die man auch noch mit einem Firniß überzieht, und mit Pech ausgießt. Nicht so sicher und fest hängen ihn manche an seidenen Schnüren auf. Große Leiter macht man auch wol von Holz oder Pappe, die man mit Zinnfolie überzieht.

§. 955. Die Versuche mit der Electrisirmaschine stellt man am besten bey einer trockenen, nicht zu

heis=

heißen Luft, in einem trocknen und weiten Zimmer an. Folgende Versuche dienen zur Bestätigung der bisher vorgetragenen Sätze. Verschiedene davon sind leicht zu verzeihende Spielereyen.

Versuche: Kleine Korkkügelchen, die an einem Zwirnfaden dem electrisirten Conductor mit der Hand oder sonst mit einem leitenden Körper genähert werden, werden schon in ziemlicher Entfernung angezogen, aber nicht wieder zurückgestoßen.

Baumwolle, oder eine leichte Feder, oder Korkkügelchen, die man in der Hand, oder in einer metallenen Kapsel, in einiger Entfernung unter den Conductor hält, werden erst angezogen, dann wieder abgestoßen, und so wechselseitig fort.

Die electrische Spinne.

Der Tanz der papiernen Puppen.

Eine an seidenen Schnüren aufgehängte metallene Kette wird electrisirt, wenn sie dem electrisirten Conductor genähert wird, und einen Funken erhält.

Eben dies geschiehet, wenn sie damit in unmittelbarer Berührung ist.

Es geschiehet nicht, wenn sie damit durch seidene Schnüre in Verbindung gebracht ist.

Bey der Annäherung eines metallenen Knopfs an den electrisirten Conductor, bricht ein knisternder Funke hervor.

Eben dies wird durch den Knöchel des Fingers hervorgelockt.

Ein un-isolirtes Stück Metall zeigt nach dem erhaltenen Funken keine Electricität.

Eine isolirte Person giebt electrische Erscheinungen von sich, wenn sie mit dem electrisirten Conductor in leitender Verbindung ist.

Eine Siegellackstange, oder Glasröhre, oder ein anderer nichtleitender Körper, dem electrisirten Conductor genähert, bringt keine Funken hervor.

Ein Drath, das den Fußboden mit dem Conductor in leitende Verbindung setzt, verhindert, daß dieser nicht electrisirt werden kann.

Ein isolirter zweyter Leiter verliert durch Berührung mit einer andern leitenden, nicht isolirten Materie, seine Electricität gänzlich und auf einmal.

Die

Die geriebene Glaskugel verliert ihre Electricität durch leitende Substanzen nicht sogleich auf einmal und nur nach und nach.

Korkkügelchen, Sägespäne, u. d. gl. auf einer Glasplatte unter den Conductor gehalten, werden zwar nach der ersten Anziehung abgestoßen, aber nicht wieder angezogen.

Korkkügelchen, die an einem seidenen Faden hängen, werden vom Conductor erst angezogen, dann abgestoßen, aber nicht wieder angezogen, sogleich aber, wenn man sie mit den Fingern berührt hat.

Tanz der Sägespäne unter einem electrisirten Glase.

Das electrische Glockenspiel.

Aus einer auf dem Conductor befindlichen Spitze strömt die electrische Materie mit einem fühlbaren Winde hervor.

Diese Spitze auf dem Conductor schwächt die Electricität desselben merklich, und hindert den Uebergang eines Funkens aus demselben in einen andern Leiter.

Der Conductor verliert seine Electricität sehr bald, durch eine in der Nähe desselben gehaltene Metallspitze.

Das electrische Rad.

Das Stechen der Funken. Der phosphorische Geruch der Electricität. Das Anzünden des Weingeistes und Aethers durch den electrischen Funken.

Die electrische Pistole.

* * *

In Ansehung der umständlichern Nachrichten von der Anstellung dieser und mehrerer anderer Versuche verweise ich auf Cavallo's und Cuthbertsons oben (§. 952.) angeführte Schriften.

§. 956. Wenn man bey der Electrisirmaschine das Reibzeug isolirt, den Conductor aber durch leitende Dinge mit der Erde in Verbindung setzt, und dann die Maschine drehet, so zeigt das Reibzeug Electricität, und alle Erscheinungen derselbigen; der Conductor aber kann keine zeigen, da er nicht mehr isolirt ist.

Alle vorher angezeigte Versuche lassen sich in diesem Falle am Reibzeuge oder einem damit verbundenen isolirten Conductor anstellen.

§. 957.

§. 957. Wenn man hierbey den Conductor nicht isolirt, so ist die Electricität des Conductors sowohl als des Reibzeuges nur schwach.

§. 958. Dabey aber findet sich zwischen der Electricität des Reibzeuges und des Conductors ein merkwürdiger Unterschied. Ein isolirter leicht beweglicher leitender Körper, z. B. Korkkügelchen, die an einem seidenen Faden hängen, und von dem electrisirten Conductor nach dem Anziehen abgestoßen und nicht wieder angezogen werden, werden es sogleich vom isolirten electrisirten Reibzeuge, oder dem damit verbundenen isolirten Leiter; sie werden aber davon sogleich wieder abgestoßen, und in diesem Zustande wieder vom ersten Conductor angezogen, u. s. f. Also, was der Conductor abstößt, zieht das Reibzeug an, und umgekehrt.

§. 959. Electrisirt man zwey Korkkügelchen an Zwirnsfäden, mit der Electricität des Conductors, so fliehen sie von einander; electrisirt man sie an dem isolirten Reibzeuge, so geschieht dies auch. Aber die vom Reibzeuge und vom Conductor abgestoßenen electrisirten Kügelchen ziehen sich einander sehr stark an, und verlieren dadurch ihre Electricität gänzlich. Zwischen einem durch den Conductor der Maschine und einem durch das isolirte Reibzeug electrisirten isolirten Leiter springen leichte isolirte leitende Körperchen beständig hin und her, und werden wechselseitig von dem einen und dem andern angezogen und abgestoßen, bis die Electricität beider Körper erschöpft ist.

§. 960. Wenn man eine Siegellackstange durch Reiben mit einem Katzenfelle electrisirt, und ein klei-

nes leichtes Korkkügelchen vermittelst eines feinen Zwirnfadens darüber hängt, so wird dies von einer andern geriebenen Siegellackstange abgestoßen, von einer geriebenen Glasröhre aber angezogen werden. Eben so stößt auch das isolirte Reibzeug unserer Maschine das Korkkügelchen der electrisirten Siegellackstange ab; der electrisirte Conductor und der geriebene Cylinder zieht es an.

(Zwey isolirte Personen, die beide gleich stark mit der Electricität des isolirten Conductors der Maschine versehen sind, berühren sich ohne Funken; wenn aber eine davon mit dem isolirten Reibzeuge electrisirt wird, so ziehen beide aus einander einen Funken.

§. 961. Es hat also ganz das Ansehen, als ob es zweyerley Arten der Electricität giebt, die sich einander entgegengesetzt sind, wie positive und negative Größen, die sich einander aufheben, oder vernichten, wenn sie gleich groß oder stark sind. Es mag nun eine Bewandtniß damit haben, welche es will; es mag dieser Unterschied von zweyerley verschiedenen electrischen Materien, oder von einerley Materie, die in verschiedener Menge in den Körpern zugegen ist, herrühren; so müssen wir hier bis zur weitern Entscheidung, wenigstens den Zustand der durchs isolirte Reibzeug, oder durch den Reiber electrisirten Körper, d. h. ihre Electricitäten, als entgegengesetzt (electricitates contrariae) ansehen, und, ohne uns um die Ursach zu bekümmern, die Gesetze dieses verschiedenen Zustandes zu erforschen uns bemühen.

§. 962. Schon du Fay bemerkte den Unterschied der Electricität des geriebenen Glases und des Harzes, und unterschied sie durch den Namen Glaselectricität und Harzelectricität; Franklin führte,

nach

nach seiner Theorie, die Namen Plus- und Minus-Electricität, oder positive und negative Electricität ein. Hr. Lichtenberg bezeichnet sie auf eine bequeme Art durch + E und — E, und nennt die Electricität, welche das geriebene Glas der Maschine hat, + E, und die, welche das isolirte Reibzeug besitzt, — E.

Erxlebens Naturlehre von Hr. Lichtenberg, 5. Aufl. S. 501. f.

§. 963. Wenn ein Körper so viel + E, als — E hat, so kann er, nach der Voraussetzung, keine electrische Erscheinungen von sich geben. Wir wollen ferner annehmen, daß in jedem Körper, der im natürlichen Zustand sich befindet, und keine electrische Erscheinungen zeigt, gleich viel + und — E zugegen sey, die sich folglich aufheben, und seine Electricität o E machen. Wird auf irgend eine Art das + E oder — E überschüssig, oder wird das Gleichgewicht zwischen + E und — E gehoben, so zeigt der Körper Electricität. Die Gesetze, nach welchendiese Electricitäten wirken, sind einfach, aber außerordentlich fruchtbar an Folgerungen, und gewähren eine sehr leichte Uebersicht der so mannigfaltigen Phänomene der Electricität, ob ich gleich hiermit noch einmal ausdrücklich erinnere, daß sie nicht Angaben von Ursachen sind.

§. 964. I) Gleichartige Electricitäten stoßen sich ab. Ein Körper + E stößt einen andern leichten und beweglichen + E ab, und beide zeigen, gegen einander genähert, keine Funken, wenn sie gleich viel + E haben, sondern behalten ihre Electricität. Ein Körper — E stößt einen andern, dessen

sen Electricität auch —E, und mit jener gleich groß ist, von sich, unter eben den Erscheinungen.

Versuche hierzu:

Korkkügelchen, die an seidenen Fäden hängen, werden erst vom Conductor angezogen und hernach abgestoßen, und bleiben abgestoßen.

Eben dies geschiehet beym isolirten Reibzeug.

Zwey Korkkügelchen, die an einem Zwirnsfaden über den electrisirten Conductor hängen, entfernen sich von einander.

Sägespäne, auf den + haltenden Conductor gebracht, werden weit weg gestreuet.

Eben dies geschieht durch das — E haltende Reibzeug.

Ein Haarbusch schwillt auf, wenn er + E und wenn er — E electrisirt wird.

Baumwolle schwillt durch beide auf.

Feine, haarförmige Glasfäden streuben sich von einander, wenn sie durch den Conductor der Maschine + E, oder durch das isolirte Küssen — E haben.

Das electrische Rad drehet sich durch + E und — E.

Durch Haarröhrchen, durch welche sonst das Wasser nur langsam tröpfelt, strömt es hervor, wenn es + E oder — E electrisirt wird.

§. 965. Aus diesem Abstoßen gleichnamiger Electricitäten hat man auch Anlaß zu den Electrometern genommen. Die mehresten dienen höchstens nur um daraus ohngefähr zu beurtheilen, ob eine Electricität stärker oder schwächer sey, als eine andere; nicht aber, wie groß sie eigentlich sey.

1) Cantons Korkkugelelectrometer.
Philos. Transact. Vol. XLVIII. P. I. n. 53.

2) Henly's Quadrantenelectrometer.
Philos. Transact. Vol. LXII. S. 359.

3) Cavallo's Electrometer.
Dessen vollständige Abhandl. von der Electricität S. 124.

4) Ebendesselben Täschenelectrometer.
a. a. O. S. 294.

5) Eine Abänderung desselben, von Adams beschrieben.

Vers

Versuch über die Electricität, worin Theorie und Ausübung dieser Wissenschaft durch eine Menge methodisch geordneter Experimente erläutert werden; von Geo. Adams. a. d. Engl. Leipz. 1788. 8. S. 164.

f) Achards Electrometer.

Abhandl. von der Kraft der Electricität von Fr. Karl Achard; im I. B. der Beschäft. der Berlin. Gesellsch. naturf. Freunde. S. 53.

g) Saussures Electrometer, besonders für die atmosphärische Electricität.

Desselben Reisen durch die Alpen, Th. III. Leipz. 1787. §. 791.

h) De Luc's Fundamentalelectrometer.

Desselben neue Ideen über die Meteorologie, B. I. §. 397.

i) Bennets sehr empfindliches Electrometer.

Grens Journ. d. Phys. B. I. S. 380.

§. 966. **II) Ungleichartige Electricitäten ziehen sich an.** Ein Körper, der + E hat, zieht einen andern, leicht beweglichen — E an, und umgekehrt, und beide zeigen nach dem Zusammentreffen keine Electricität mehr, wenn sie gleich viel + E oder — E hatten.

§. 967. Dies giebt uns auch ein Mittel an die Hand, um die entgegengesetzten Electricitäten selbst zu finden. Hängt man nämlich Korkkügelchen an einem Zwirnsfaden über eine mit einem wollenen Tuche geriebene Siegellackstange, und ertheilt ihnen dadurch — E, so werden sie von einem + E haltenden Körper angezogen, von einem mit — E versehenen zurückgestoßen werden.

§. 968. Hierdurch findet man nun, daß das isolirte Reibzeug allemal die entgegengesetzte Electricität des Reibers und Conductors erlangt; — E, wenn diese + E haben; + E, wenn diese — E erhalten. Die wenigen Ausnahmen hiervon erfordern noch Bestätigung.

§. 969. Gewöhnlich erhält bey dem Aneinanderreiben zweyer Substanzen diejenige, welche am wenigsten leitet oder am meisten electrisch ist, + E, die mehr leitende — E; und beym Aneinanderreiben zweyer gleich electrischen Körper bekommt derjenige gemeiniglich — E, der am stärksten gerieben wird, und der andere + E. Größere oder geringere Glätte oder Feuchtigkeit ändern aber die Resultate dieser Versuche sehr ab; und die Versuche dieser Art erfordern überhaupt sehr große Behutsamkeit und Vorsicht.

§. 970. Durch Versuche hat man gefunden: 1) glattes Glas erhält + E, wenn es mit leitenden oder isolirenden Substanzen gerieben wird, nur mit Katzenbalge gerieben wird es — E; 2) rauhes und mattgeschliffenes Glas wird + E, wenn es mit Schwefel, Seide, Wachstaffent, und Metallblättern; — E, wenn es mit wollenen Tüchern, mit polirtem Glase, mit Siegellack, mit Papier, oder mit der Hand gerieben wird; 3) Harz und Siegellack bekömmt durchs Reiben mit Metall, Schwefel und matt geschliffenem Glas, + E; mit polirtem Glas, wollenen Tüchern, weichen Fellen, Papier, — E; 4) Hasenfell erhält mit Metallblättern, Tuch, Seide, Papier, oder mit der Hand gerieben, + E; 5) weiße Seide wird + E durch Metallblätter, Tuch, schwarze Seide; — E durch Papier, durch die Hand, und durch weiche Felle; 6) schwarze Seide + E an Siegellack, — E an weißer Seide, weichem Felle, Papier, oder an der Hand gerieben. 7) Schwefel wird + E mit Metall; — E mit polirtem und matten Glas, Siegellack, Holz, Papier, Tuch, und mit der Hand gerieben. 8) Metal-

salle werden + E mit Harz, — E mit polirtem Glase. Der Unterschied und die Benennung Glas- und Harz-Electricität für + und — E ist eben deswegen nicht genau und richtig, weil diese Körper bald +, bald — erhalten können.

Eigene Versuche hierüber haben angestellt: Wilson (Philos. Transactions, 1760. Vol. LI.); Symmer (ebendas. S. 340.); Cigna (Miscellanea societ. Taurinensis, 1765. S. 31.); Beccaria (G. Beccaria dell' Elettricismo artificiale, in Turino 1753. 4.); Wilke (de electricitatibus contrariis, Rostoch. 1757. 4.); Aepinus (Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, auct. F. V. Aepino, Petrop. (1759. 4.); Bergmann (Experimenta electrica cum tabulis vitreis sibi mutuo affrictis instituta; in seinen opusc. phys. chem. Vol. V. S. 370.; Experimenta electrica cum taeniis sericis instituta; ebendas. S. 391.); Lichtenberg (Erxlebens Naturl. 5. Aufl. S. 460. ff.

§. 971. Wenn man einen + E electrisirten zugespitzten leitenden Körper mit der Spitze gegen einen andern nicht electrisirten leitenden, oder mit — E versehenen flachen hält, so entsteht ein Geräusch, und man sieht im Dunkeln einen bläulichen oder purpurfarbenen Feuerbüschel, dessen Strahlen von der Spitze aus divergiren. Wenn man aber dem mit + E versehenen abgerundeten Körper selbst eine unelectrisirte leitende Spitze zuhält, so zeigt sich an dieser ein leuchtender Punct oder Stern.

§. 972. Wenn hingegen der zugespitzte Körper — E hat, und der Spitze ein anderer nicht electrisirter leitender oder + E haltender flacher Körper genähert wird, so entsteht auch ein Geräusch; aber man sieht im Dunkeln einen lebhaft leuchtenden Punct oder Stern an der Spitze. Wenn man aber dem mit — E electrisirten Körper eine andere leiten-

de

de Spitze zuhält, so zeigt sich an dieser ein leuchtender Feuerbüschel.

§. 973. Sonst hat Hr. Prof. Lichtenberg noch den Unterschied zwischen positiver und negativer Electricität entdeckt, daß, wenn man Harzscheiben durch Berühren mit isolirten electrisirten metallenen Körpern Electricität mittheilt, und dann mit Colophoniumpulver oder Bärlappsaamen dünne bestreuet, dies Pulver verschiedene Figuren darauf bildet, je nachdem die mitgetheilte Electricität + oder — E war. Durch erstere bilden sich sternförmige oder strahlende, durch diese aber ringförmige Figuren oder Puncte ohne Strahlen.

I. C. Lichtenberg De nova methodo, naturam ac motum fluidi electrici investigandi; in den *nov. comment. societ. Gotting. T. VIII.* 1777. S. 168.

§. 974. Die Richtung des Stromes der electrischen Materie geht aus einer electrisirten Spitze abwärts, sie mag + E oder — E haben.

§. 975. Ein mit + E oder — E versehener Körper zieht nicht nur denjenigen an, der die der seinigen entgegengesetzte Electricität hat (§. 966.), sondern auch einen jeden andern nicht electrisirten, oder dessen Electricität o ist. — Diese Wirkung der electrisirten Körper auf andere o E oder die entgegengesetzte Electricität enthaltende geschiehet nach der Stärke ihrer Electricität in einer größern oder geringern Entfernung, und der Raum, durch welchen sich diese Wirkung erstreckt, nennt man den Wirkungskreis, sonst auch wol die electrische Atmosphäre des electrisirten Körpers.

§. 976.

§. 976. Wenn man diesemnach einen un-isolirten Leiter, z. B. eine Metallstange, dem electrisirten Reiber der Maschine nahe bringt, so erhält jener auf der dem Reiber zugekehrten Seite die entgegengesetzte Electricität des Reibers: + E, wenn dieser — E hatte, und — E, wenn dieser + E besaß; bey der größern Annäherung erhält der Leiter einen Funken, und die Electricität hört ganz auf. Wenn aber der Leiter isolirt ist, so erhält das von dem electrisirenden Körper abgewendete Ende die gleichnamige Electricität von jenem, und also die entgegengesetzte an dem dem Reiber zugekehrten Ende. Bey der Annäherung nehmen beide Electricitäten zu, bis der Leiter endlich einen Funken erhält, worauf seine Electricität die gleichnamige des electrisirenden Reibers wird.

§. 977. Wenn man aber diesen isolirten Leiter wieder von der Maschine isolirt entfernt, ehe er so nahe kömmt, daß er einen Funken erhält, so hört die Electricität, die sich an seinen entgegengesetzten Enden als entgegengesetzt zeigten, sogleich auf, und es ist alles wieder im natürlichen Zustande. Berührt man ihn aber, während daß er in dem Wirkungskreise des electrisirenden Körpers ist, an dem von diesem abgewandten Ende mit dem Finger, oder sonst mit einem leitenden Körper, so entsteht ein Funken, und seine Electricität hört auf. Entferne ich ihn jetzt zugleich isolirt von dem electrisirenden Körper, so hat er die entgegengesetzte Electricität des electrisirenden Körpers, oder die gleichnamige des diesem zugekehrten Endes.

§. 978. In diesem Falle entsteht also Electricität, ohne daß sie der electrisirende Körper verlöhre, also

also nicht durch Mittheilung (§. 941.), sondern durch **Vertheilung** der Electricität, und dies ist die dritte Art, Electricität hervorzubringen. Sie gründet sich eigentlich auf die vorher angeführten Gesetze der Electricität, daß gleichartige Electricitäten sich anziehen, ungleichartige sich abstoßen (§§. 964. 966.), und macht das dritte Gesetz: III) **Jeder electrisirte Körper erregt in denjenigen Körpern, die in seinen Wirkungskreis kommen, in diesem Wirkungskreise eine der seinigen entgegengesetzte Electricität.**

§. 979. Wenn der in den Wirkungskreis eines electrisirten Körpers gebrachte ein Nichtleiter ist, so erhält er zwar auch in dem Ende, welches dem electrisirten Körper zugekehrt ist, die entgegengesetzte Electricität, allein eben wegen seiner nichtleitenden Eigenschaft ist die erregte Electricität nicht stark, und erstreckt sich nicht weit, und man findet an ihm vielmehr schwache abwechselnde Zonen von entgegengesetzten Electricitäten.

§. 980. Dünne Nichtleiter halten diese Wirkungen der Vertheilung der Electricität oder der electrischen Atmosphäre nicht auf, wohl aber die der Mittheilung.

§. 981. Nunmehr können wir aus diesen vorgetragenen Gesetzen der Electricität leicht die bisher beobachteten Erscheinungen erklären. — Ein jeder Körper hat nemlich im natürlichen Zustande, wo er keine Zeichen der Electricität von sich giebt, beide Electricitäten + E und — E in dem Maaße zusammen vereiniget, daß sie sich einander aufheben, und also 0 E machen. Ob sie nun in gleichen Massen oder in gleichen Räumen, oder in gleichen Oberflächen der Körper, in gleicher Quantität zugegen seyn,

das kann man bis jetzt noch nicht entscheiden, und also auch darnach noch nicht absolutes und specifisches E bestimmen. Wenn nun das Gleichgewicht beider Electricitäten des natürlichen Zustandes aufgehoben wird, z. B. durch Reiben, oder sonst auf eine Art, welche zu erklären es jetzt auch noch zu früh seyn möchte, so wird der Körper electrisirt, und das Ueberschüssige einer der beiden Electricitäten zeigt sich nun als freyes oder sensibles E, da es vorher durch die gehörige Menge des entgegengesetzten gebunden war.

§. 982. So wird nun durch das Reiben des Glases an dem Reibzeuge der Maschine das + E des letztern frey; das Glas führt wegen seiner nichtleitenden Eigenschaft dies + E nicht gleich durch seine Substanzen weiter, und zeigt nun die Electricität + E; das — E des Reibzeuges bindet dies + E nicht mehr ganz, und wenn es isolirt ist, so kann dies + E in ihm nicht ersetzt werden, und sein — E ist also ebenfalls frey. Daher zeigt das Reibzeug nun negative Electricität, während das Glas positive hat. Und so ist es auch in den andern Fällen, wenn der reibende electrische Körper — E aus dem Reibzeuge los macht, dann hat dies + E

Der Wachstaffent, der den Glascylinder zum Theil umgiebt, hat seinen Nutzen hauptsächlich darin, daß er durch die entgegengesetzte Electricität die Intensität des + E des Glascylinders schwächt; dadurch wächst die Capacität des letztern, und er kann solchergestalt mehr + E aus dem Reibzeuge aufnehmen. Beide entgegengesetzte Electricitäten des Wachstaffents und des Glases binden sich nur wechselseitig, ohne sich zu sättigen, welches bey glatten, nichtleitenden Flächen nicht stattfinden kann. So wie nun der Reiber den Wachstaffent verläßt, so wird sein + E jetzt wieder frey, und wird vom Zuleiter eingesogen. — Man sieht hieraus auch leicht

leicht den Grund ein, warum der Wachstaffent keine Falten und Unebenheiten haben müsse, wenn seine Wirkung stark seyn soll.

§. 983. Wenn aber das Reibzeug unserer Electrisirmaschine durch leitende Materie mit der Erde verbunden ist, so zieht es aus dieser unerschöpflichen Quelle von $\pm$ E, so viel + E immer an, daß sein — E nicht sensibel oder frey bleibt, und es kann daher immer neues + E an das reibende Glas abgeben, wenn dies weiter abgeführt wird.

§. 984. Wird dem + E electrisirten Glascylinder der Maschine ein isolirter leitender Körper genähert, und in den Wirkungskreis desselben gebracht, so zieht das freye + E des erstern das — E des letztern, und stößt das gleichnamige + E desselben zurück. So entsteht nun Electricität durch Vertheitheilung (§. 978.). Bey dem Wiederentfernen des Leiters binden sich sein + und — E wieder von neuem, und die Electricität desselbigen hört auf. Nähert man ihm aber, ehe man ihn wegnimmt, den Finger oder einen andern leitenden Körper, an dem entferntern Ende, wo das + E desselben frey ist, so zieht dasselbe das — E dieses berührenden Leiters an sich, sättigt sich damit, und es entsteht ein Funke. Entfernt man nun den Finger, und den isolirten Leiter zugleich, so hat dieser nun — E + E — E, und ist folglich negativ electrisirt. So ist es nun auch, wenn der electrisirende Körper freyes — E hat; dann bindet er das + E des ihm genäherten isolirten Leiters, stößt das — E desselbigen zurück; dies sättigt sich aus dem ihn berührenden leitenden Körper mit + E, und nach der Entfernung desselbigen und des isolirten Leiters von dem electrisirenden

Körper hat dieser isolirte Leiter + E — E + E, ist also positiv electrisirt.

§. 985. Das freye ± E des electrisirenden Körpers wird dadurch, daß es das ∓ E des ihm genäherten Leiters in seinem Wirkungskreise anzieht, natürlicherweise mehr gebunden, und bleibt nicht so sensibel als vorher. Das + E des Glascylinders ist daher nicht so stark, wenn der Conductor der Maschine ihm genähert ist, als wenn dieser entfernt ist. Der Conductor der Maschine erhält die stärkste Electricität, wenn das Reibzeug nicht isolirt ist, weil dann das + E des Cylinders immer mehr + E aus der Erde zuführen kann. Das — E des isolirten Reibzeuges wird am größesten, wenn der Conductor der Maschine nicht isolirt ist, weil dann immer mehr + E durch den Conductor abgeführt werden kann.

§. 986. Je näher der leitende isolirte oder nicht isolirte Körper dem electrisirten kömmt, desto stärker wird die Anziehung zwischen ± E des letztern und dem ∓ E des erstern. Endlich durchbrechen beide entgegengesetzte Electricitäten die Luft, sie sättigen sich ganz mit einander, und es entsteht ein Funke, und Electricität durch Mittheilung, wenn der leitende Körper isolirt ist (§. 941.).

§. 987. Es lassen sich hieraus die oben (§. 955.) durch Versuche gezeigten Erscheinungen des wechselseitigen Anziehens und Zurückstoßens leichter Körperchen, der Tanz papierner Puppen, das electrische Glockenspiel u. d. gl. leicht erklären. Kommen nämlich leichte bewegliche leitende Körper in den Wirkungskreis des electrisirten Körpers, so wird ihr entgegengesetztes E, und sie dadurch selbst angezogen,

bis

bis sie den electrisirten Körper berühren, und sich also die entgegengesetzte Electricität sättiget. Sie empfangen nun natürlicherweise die gleichnamige Electricität des electrisirten Körpers, und werden dadurch wieder abgestoßen, wenn sie isolirt sind, sonst aber nicht, weil dann ihre erhaltene gleichnamige Electricität aus der Erde und den leitenden Körpern immer die entgegengesetzte anzieht, sich damit sättigt, folglich nie frey wird. Berührt aber der abgestoßene isolirte Körper wieder einen andern leitenden, oder kömmt er gar in den Wirkungskreis eines mit entgegengesetzter Electricität versehenen, so wird seine erhaltene Electricität durch die entgegengesetzte, und da er leicht und beweglich ist, er selbst angezogen, sein freyes + E sättigt sich mit der entgegengesetzten, und er kann nun wieder von neuem angezogen werden u. s. f.

§. 988. Bey leitenden Spitzen erstreckt sich der Wirkungskreis viel weiter, als bey abgerundeten Körpern, und der Grund scheint mir nach Hrn. Gehler darin zu liegen, daß dabey die ganze Anziehung auf einen Punct geleitet und der freye Ausgang des + E durch kein Zurückstoßen der gleichartigen Electricität nahe liegender Puncte gehindert wird. Der Uebergang der Electricität erfolgt daher bey Spitzen durch Ueberströmen, bey runden und stumpfen Körpern durch einen Funken. — Bey isolirten glatten Flächen, deren Ränder gehörig abgerundet sind, erfolgt oft selbst bey der Berührung kein Uebergang der Electricität durch Mittheilung. Wenn sie in diesem Falle gleich viel entgegengesetzte Electricitäten haben, und sich berühren, so zeigen sich nach der Berührung keine Electricitäten, weil sich das + E und — E

bin-

binden, wenn sie in ihren wechselseitigen Wirkungskreis kommen; nach der Trennung aber zeigen sie wieder ihre vorige Electricität, weil keine Sättigung und kein Uebergang erfolgt ist. Der Pater Beccaria glaubte, daß sie ihre Electricitäten in einander ablegten, und bey der Trennung wieder ergriffen. Man hat aber gar nicht nöthig, um dieses Phänomen zu erklären, mit ihm eine eigene electricitatem vindicem deswegen anzunehmen.

Gehlers phys. Wörterb. Th. I. S. 744.

Die Kleistische Flasche.

§. 989. Wenn man in ein Zuckerglas, das auswendig und inwendig, bis einige Zoll unter seinem Rande, mit Stanniol überzogen ist, und das auf einem leitenden Tische steht, von dem Conductor der Maschine ein Metalldrath bis auf den Boden des Glases herabhängt, und dann electrisirt, hierauf aber den äußern Ueberzug des Glases mit der einen Hand, das Drath, oder den Conductor der Maschine, mit welchem der innere Ueberzug noch in leitender Verbindung ist, mit der andern Hand anfaßt, so entsteht nicht allein ein sehr lebhafter, mit einem Geprassel hervorbrechender Funke, sondern man empfindet auch eine Erschütterung in den Gelenken beider Arme. Einen ganz ähnlichen Erfolg hat es, wenn man das Glas nach dem Electrisiren von der Maschine abnimmt, und beide Ueberzüge zugleich berührt.

§. 990. Dieser merkwürdige Versuch heißt der Kleistische oder Leidensche Versuch, weil ihn Hr. von Kleist zuerst 1745, und nachher Cunäus zu Leiden anstellte. Allemand und Muschenbroek

mach-

machten ihn daselbst ebenfalls (1746) nach, und daher heißt er auch der Muschenbroeksche Versuch. Sonst wird er wegen seiner Wirkung auch der Erschütterungsversuch genannt. Die dazu vorgerichtete Flasche heißt die Leidner, oder die Kleistische, oder die Erschütterungsflasche; und die Electricität, welche sie hat, die verstärkte Electricität.

§. 991. Anfangs nahm man dazu eine gläserne Flasche, die man etwa bis zur Hälfte mit Wasser füllte, und mit einem Korke verstopfte, durch welchen ein Metalldrath bis ins Wasser der Flasche ging. Man electrisirte diesen Drath durch Mittheilung, während daß man die Flasche in der Hand hielt, oder in anderes Wasser etwa zur Hälfte einsetzte, in welches die Person, welche den Versuch anstellen wollte, ein Drath steckte. Man fand nachher, daß jede andere gut leitende Substanz die Stelle des Wassers in der Flasche vertreten könne, als Quecksilber, Eisenfeile, u. d. gl. und endlich sahe man ein, daß dazu ein leitender Ueberzug der äußern und innern Fläche des Glases bis einige Zolle unter dem Rande desselbigen hinreichend sey, und alles leiste, und daß es auf die Figur des Glases nicht ankomme, sondern daß auch eine Glastafel selbst dazu vorgerichtet werden könne.

Die electrisirte Weinflasche.

Das electrisirte Trinkwasser.

§. 992. Dieser Ueberzug des Glases heißt die Belegung, und das damit versehene Glas die belegte Flasche oder die belegte Glastafel. Man wählt zu diesen Belegungen dünne Metallblätter, die aber nicht durchlöchert seyn müssen; gewöhnlich Stan=

Stanniol, den man mit Hausenblase oder Gummiwasser aufklebt. Man muß hervorragende Ränder so viel als möglich verhüten, und alles recht ebenen und glatt machen. Der Rand der Flasche oder der Glastafel muß allemal auf beiden Seiten, bey größern wenigstens mehrere Zolle, frey und unbelegt bleiben.

§. 993. Statt des Glases kann jeder andere nichtleitende Körper dienen, wenn er nur nicht zu dick ist, seine beide gegen einander überliegende Flächen mit leitender Materie belegt, und die Ränder dieser Belegung einander nicht zu nahe sind.

Ladung einer belegten Luftschicht.
Adams Vers. über die Electricität S. 121. ff.

§. 994. Die eine Belegung der Flasche oder der Glastafel wird am besten durch Mittheilung electrisirt; die andere Belegung muß aber nicht isolirt, sondern mit andern leitenden Materien in Verbindung seyn, wenigstens muß sie zu wiederholtenmalen mit einer leitenden Substanz berührt werden, wenn die in ihre aufzunehmende Electricität stark werden soll; ist diese andere Belegung ganz isolirt, so wird die Flasche oder die Glastafel gar nicht geladen werden. Am schnellsten geschiehet die Electrisirung der Kleistischen Flasche dadurch, daß man die eine Belegung mit dem isolirten Reibzeuge, die andere mit dem Conductor der Maschine in leitende Verbindung setzt.

§. 995. Die Kleistische Flasche oder die Glastafel heißt in dem Zustande, daß sie den Erschütterungsfunken giebt, geladen, und ihre Entladung geschiehet, wenn man die innere und äußere Belegung

gung durch leitende Materie in Verbindung setzt. Wenn sich mehrere Personen zusammen anfassen, und der erste die äußere Belegung, oder eine daran befestigte Kette hält, der letztere aber die innere Belegung, oder den damit verbundenen Leiter berührt, so bekommen sie alle die Erschütterung. Bey einer schwachen Ladung der Flasche, und wenn der Personen, die sich anfassen, sehr viele sind, (oder der Erschütterungskreis sehr groß ist,) und zumal auf feuchtem Boden stehen, empfinden aber auch oft nur wenige, die an den beiden Enden stehen, die Erschütterung.

Das Franklinische Zaubergemälde, der Hochverrath, und die Verschwörung.

Die electrische Thüre.

§. 996. Die Geschwindigkeit der Electricität bey dem Entladen der Flasche ist erstaunend groß. — Wenn die leitende Substanz, durch welche der Erschütterungsfunke gehen soll, nicht ganz zusammenhängend ist, sondern aus mehrern an einander stehenden, sich nicht berührenden, leitenden, Körpern besteht, so entstehen zwischen dieser Unterbrechung Funken. —

§. 997. Wird die Flasche überladen, so entladet sie sich auch von selbst, und manchmal wird dadurch auch das Glas zerschmettert. Die Stärke der Ladung hängt übrigens von der Größe der Belegung ab. Sonst ändern aber auch zufällige Umstände die Stärke der Ladung sehr ab; wie z. B. die mehr oder weniger isolirende Eigenschaft des Glases, die von seiner größern oder geringern Dicke, von seiner Reinigkeit, und auch von seiner Temperatur abhängt; meh-

mehrere oder mindere Trockenheit der Luft, die Continuität der Belegungen, und ihre verschiedene glatte Oberfläche. Bey gleicher Leitungskraft nimmt übrigens der Erschütterungsfunke in der Entladung allemal den kürzesten Weg.

Der Auslader.
Cavallo a. a. O. S. 129.

Henly's allgemeiner Auslader.
Cavallo a. a. O. S. 127.

§. 998. Der leitende Körper, durch welchen der Erschütterungsfunke oder der Schlag geht, wird nicht electrisirt, wenn er auch isolirt ist.

§. 999. Nach der ersten Entladung zeigt die Flasche noch einen geringen Erschütterungsfunken, wenn man beide Belegungen zusammen berührt.

§. 1000. Wenn die geladene Flasche oder belegte Tafel vollkommen isolirt ist; so zeigt keine Belegung einzeln einen Funken, wenn man sie berührt. Bey einer trockenen Luft verliert sie auch in langer Zeit ihre Electricität nicht. Sie behält sogar ihre Ladung, wenn man die dazu eingerichteten beweglichen Belegungen einzeln durch isolirte Körper trennt; und zeigt sie wieder, wenn man diese oder andere wieder anbringt, und gehörig durch leitende Mittel in Vereinigung setzt. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann man zu wiederholtenmalen aus der innern Belegung der geladenen Flasche Funken ziehen.

§. 1001. Wenn man ein gekrümmtes und an beiden Enden zugespitztes Drath der innern und äußern Belegung zugleich entgegen hält, so wird die Kleistische geladene Flasche, oder die belegte Glastafel, ohne den Erschütterungsfunken entladen, und vielmehr mit einem zischenden Ueberströmen. Hat man die

Flasche durch den Conductor der Glasmaschine geladen, so zeigt sich an der Spitze des Drathes, die der innern Belegung zugekehrt ist, ein leuchtender Stern, wie bey der positiven Electricität (§ 971. 972.), an der der äußern Belegung zugekehrten Spitze aber ein Feuerbüschel, wie bey der negativen Electricität.

§. 1002. Man findet ferner allemal, daß die äußere Belegung der geladenen Kleistischen Flasche die entgegengesetzte Electricität der innern Belegung, oder daß sie — E hat, wenn die innere + E besitzt, und umgekehrt. Zwischen einem mit der äußern Belegung in leitende Verbindung gebrachten leitenden Körper, und einem mit der innern Belegung verbunden Leiter, spielt ein leicht beweglicher isolirter Körper hin und her, und entladet dadurch die Flasche allmälig.

Auf diese Art leitet ein electrisches Glockenspiel eine beträchtliche Zeitlang.

§. 1003. Wenn man eine Kleistische Flasche isolirt, und ihre äußere Belegung mit der innern Belegung einer andern, die nicht isolirt ist, in leitende Verbindung setzt, und dann ihre innere Belegung electrisirt, so werden beide Flaschen geladen, und zwar mit ähnlichen Electricitäten. Auf diese Art kann man auch mehrere Flaschen durch einander laden.

§. 1004. Mann kann endlich auch mehrere Flaschen, deren innere Belegungen unter einander in leitender Verbindung sind, so wie ihre äußern, durch den Conductor der Maschine laden, da dann natürlicherweise bey der Entladung aller dieser Flaschen auf einmal auch der Funke, das Geräusch und der

der Knall, mit welchem er hervorbricht, und die Kraft, die er äußert, um so beträchtlich größer wird, als die Größe der Belegung bey übrigens gleichen Umständen zunimmt. Die auf diese Art verbundene Flaschen machen die sogenannte electrische Batterie aus.

Cavallo a. a. O. S. 128.

§. 1005. Der aus solchen geladenen Flaschen hervorbrechende Funke kann vermögend seyn, schwerflüssige Metalle augenblicklich zu schmelzen, Thiere zu tödten, mehrere Kartenblätter zu durchlöchern, Glasscheiben zu zerbrechen, Baumwolle und Schießpulver anzuzünden, Eyer zu zertrümmern, Gold zu verkalken und ins Glas einzuschlagen, sonst aber auch Kalke der Metalle wiederherzustellen.

§. 1006. Alle diese bisher vorgetragene Wirkungen und Erscheinungen der Kleistischen Flasche, ihre Ladung und Entladung, lassen sich aus den oben angeführten Gesetzen der Electricität (§. 964. 966. 978.); und aus dem Satze, daß dünne Nichtleiter die Vertheilung der Electricität nicht, wohl aber ihre Mittheilung und Uebergang, aufhalten (§. 980.), leicht erklären. Wird nämlich die innere Belegung durch Mittheilung electrisirt, z. B + E, so stößt die dem Glase zugeführte Electricität die gleichnamige der äußern Belegung ab, und bindet die ungleichnamige oder das — E. Ist die äußere Belegung isolirt, so kann sie ihr abgestoßenes + E nicht fahren lassen, und ihr — E wird nicht frey, folglich kann auch die innere Belegung kein + E erhalten, und die Flasche kann also nicht geladen werden (§. 994.). Berührt man aber die äußere isolirte Bele-

gung, während daß der innern + E zugeführt wird, mit dem Finger, so erhält man einen Funken, indem nun das abgestoßene + E sich mit — E aus dem Finger sättigen kann. Ist die äußere Belegung nicht isolirt, so kann dies + E stets abgeführt, und die Flasche völlig geladen werden. Die geladene Flasche zeigt nun, wenn sie völlig isolirt ist, bey der Berührung ihrer einzelnen Belegung keine Funken, weil das + E der einen Seite durch das Glas hindurch hindert, daß das — E der andern Seite sich nicht mit neuem + E aus dem berührenden Leiter sättigen kann, und auch das — E der einen Seite nicht zuläßt, daß das + E der andern Seite frisches — E sättige. Bringt man aber beide Belegungen in leitende Verbindung, so fällt diese Ursach weg, und beide entgegengesetzte Electricitäten sättigen sich nun durch wirklichen Uebergang, da sie sich vorher nur banden, und es entsteht der Erschütterungsfunken. Zugleich erhellet aber auch hieraus, warum dieser dem isolirten Leiter, durch welchen er geht, keine Electricität ertheilt (§. 998.). Eben so läßt sich auch daraus einsehen, warum man nach §. 1003 eine Flasche durch die Belegung einer andern electrisiren kann. Die Electricitäten haften eben so gut auf der Fläche des Glases selbst, so wie in der Belegung, und daher zeigt auch das Glas, von der isolirten Belegung durch isolirende Körper getrennt, und mit neuer Belegung versehn, noch die Ladung (§. 1000).

Der Electrophor.

§. 1007. Wenn man einen dünnen, glatten und ebenen Harzkuchen, der in einer metallenen Schüssel liegt, mit einem Katzenfelle reibt, und dann ein rundes

des Brett, das mit Stanniol überzogen, und im Durchmesser kleiner ist, als der Kuchen, vermittelst seidener Schnüre auf den geriebenen Kuchen setzt, und dann mit dem Finger berührt, so entsteht ein kleiner Funke, und hebt man dann den Kuchen an den seidenen Schnüren wieder isolirt in die Höhe, und berührt ihn dann wieder, so erhält man wieder einen Funken, und dies kann man sehr lange Zeit immer wiederholen.

§. 1008. Diese Vorrichtung heißt ein Electrophor oder beständiger Electricitätsträger (electrophorus perpetuus), den Hr. Volta zuerst 1775 bekannt machte, Hr. Wilke aber schon 1762 unter einer etwas andern Gestalt erfunden hat. Die wesentlichen Theile des Electrophors sind 1) der Kuchen; 2) die Form, oder der Teller, oder die Schüssel; 3) der Deckel. Die beiden erstern zusammen heissen auch die Basis

Volta, in den *Scelta di opuscoli interessanti* T. IX. S. 91. und T. X. 37. Lettre de Mr. *Alex. Volta* sur l'electrophore perpetuelle de son invention, in *Rozier observations sur la phys.* T. VII. S. 21. ff.

Wilke von den entgegengesetzten Electricitäten; in den schwed. Abh. B. XXIII. S. 271. ff.

Ingenhousz Anfangsgründe der Electricität, hauptsächlich in Beziehung auf den Electrophor; in seinen vermischten Schriften B. I. S. 1. ff.

§. 1009. Der Kuchen des Electrophors kann eine jede nichtleitende Platte seyn, z. B. Glas, Pech, Siegellack, in welchen die Electricität durch Reiben mit schicklichen Materien ursprünglich erregt werden kann, nur muß sie nicht zu dick seyn. Am gewöhnlichsten nimmt man dazu harzigte Materien, und das gemeine weiße Pech dient recht gut, wenn man

es

es durch etwas zugesetzten Terpenthin in der Sprödigkeit vermindert hat.

§. 1010. Man gießt das gleichförmige geflossene Harz in die Form, die aus einer leitenden Masse bestehen muß, und aus einer runden entweder metallenen, z. B. messingenen, oder auch hölzernen mit Stanniol auf beiden Seiten gehörig belegten Scheibe mit einem aufwärts gebogenen, inwendig 2½ Linie hohen, Rande gemacht wird. Der Rand und die Ecken des Tellers müssen wohl abgerundet seyn. Man gießt so viel geschmolzenes Harz hinein, daß es mit dem Rande gleich hoch steht; dieser aber doch unbedeckt bleibt. Die Oberfläche des Kuchens muß vollkommen glatt, ohne Blasen und Risse, und ohne Vermengung mit leitenden Materien seyn, und seine untere Fläche muß die obere leitende Fläche der Form oder des Tellers allenthalben genau berühren.

§. 1011. Der Deckel, den man auch wol wegen der Gestalt, die ihm einige gaben, die Trommel, sonst aber auch den Conductor nennt, muß 1) aus einer stark leitenden Substanz bestehen. Man nimmt dazu entweder eine zinnerne, oder auch eine hölzerne, gehörig abgerundete, und mit Stanniol überlegte, runde Scheibe, deren Durchmesser nach der Größe des Kuchens mehrere Zolle kleiner ist, als der des Kuchens. Um ihn 2) isolirt auf den Kuchen zu setzen oder davon abnehmen zu können, dienen seidene Schnüre von hinreichender Länge, die man an seinem Rande oder in der Fläche selbst befestigt hat, oder auch ein in desselben Mitte angekütteter gläserner Handgriff.

§. 1012.

§. 1012. Man erregt die Electricität des Kuchens am besten, wenn man ihn erst etwas etwas weniges erwärmt, und dann mit einem trockenen warmen Katzenfelle oder Fuchsschwanze peitscht, und zwar wird diese Electricität am größesten, wenn die Form nicht isolirt ist. Wenn sie also auf einem mit Wachstuch beschlagenen, oder sonst nicht gut leitenden Tische steht, so muß man noch eine metallene Kette vom Rand der Form herab hängen lassen.

§. 1013. Wenn man den Deckel auf den geriebenen Harzkuchen vermittelst der seidenen Schnüre aufsetzt, und dann mit dem Finger berührt, so erhält man einen kleinen Funken.

§. 1014. Ein mit dem Deckel in leitender Verbindung stehendes Electrometer zeigt Electricität, wenn man den Deckel isolirt auf den Kuchen setzt, und hat — E, wenn der Kuchen — E hatte; immer die gleichnamige des Kuchens.

§. 1015. Nach dem Berühren des isolirt aufgesetzten Deckels mit dem Finger zeigt das Electrometer keine Electricität an, und es ist nach dem Ausbruch des Funkens keine Electricität im Deckel weiter zu spüren.

§. 1016. Hebt man den Deckel unberührt und isolirt wieder in die Höhe, so zeigt das Electrometer keine Electricität weiter an, wenn der Deckel gehörig weit vom Kuchen entfernt wird, und giebt keinen Funken bey der Berührung mit dem Finger, den er auf dem Kuchen liegend sogleich giebt.

§. 1017. Berührt man mit einem Finger die nicht isolirte Form des Kuchens, und mit dem andern den isolirt darauf gelegten Deckel, so erhält

man einen Erschütterungsfunken, und dann ist alles wieder todt.

§. 1018. Wenn man aber den Deckel, der nach dem Berühren auf dem Kuchen keine Electricität weiter zeigt an den seidenen Schnüren in die Höhe zieht, so zeigt das Electrometer gleich wieder Electricität. Man erhält beym abermaligen Berühren in der Höhe einen stechenden Funken, und zwar stärker, wenn man den Deckel vorher nach §. 1017., als nach §. 1013. berührt hat.

§. 1019. Das Electrometer zeigt in dem berührten und isolirt aufgehobenen Deckel + E, wenn der Kuchen — E hatte; immer die entgegengesetzte Electricität des Kuchens.

§. 1020. Wenn der Deckel nach dem Berühren auf dem Kuchen isolirt in die Höhe gehoben, und ohne in der Höhe berührt worden zu seyn, wieder auf den Kuchen gelegt wird, so bleibt kein Zeichen der Electricität, während daß der Deckel auf dem Kuchen liegt; sie zeigt sich aber sogleich, wenn der Deckel wieder isolirt in die Höhe gehoben wird.

§. 1021. Wenn die Basis isolirt ist, so erhält man einen stechenden Funken, wenn man den auf den Kuchen isolirt gelegten Deckel berühret, der aber nicht so stark ist, als wenn die Basis nicht isolirt ist (§. 1013.), sonst aber ebenfalls einen Erschütterungsfunken, wenn man die Form und den Kuchen zugleich berühret.

§. 1022. Wenn man in diesen Fällen den Deckel isolirt in die Höhe hebt, so ist er electrisirt, wie §. 1918.; zugleich ist es aber auch die Form, und zwar ist sie gleichartig mit der Electricität des Kuchens; also + E, wenn der Kuchen + E hatte.

§. 1023.

§. 1023. Läßt man den in der Höhe berührten Deckel zum anderenmale auf die isolirte Basis, nachdem man das ersteremal Form und Deckel zugleich berührt hatte, so ist bey der zweyten ähnlichen Berührung der Erschütterungsfunke nur schwach, oder gar nicht da.

§. 1024. Man kann den Electrophor als eine Electrisirmaschine brauchen, und die nöthigsten electrischen Versuche mit ihm anstellen, da die Electricität seines Kuchens eine lange Zeit dauert, wenn man ihn vor Feuchtigkeit bewahrt. Man kann mit dem Deckel, wenn man ihn nach dem Berühren und Aufziehen dem Knopfe einer Leidner Flasche nähert, diese nach und nach laden, indem man ihre äußere Belegung mit leitender Materie verbindet, oder auch in der Hand hält; auch auf die entgegengesetzte Art laden, indem man sie an dem Knopf faßt, und die Funken aus dem Deckel in ihre äußere Belegung schlagen läßt.

§. 1025. Durch eine geladene Flasche kann man nun auch die Electricität des Electrophors selbst verstärken; wenn er nämlich mehr — E haben soll, so stellt man die auf der innern Seite + E geladene Flasche auf den Kuchen, und führt sie, indem man sie bey dem Knopfe faßt, auf dem Kuchen hin und her; soll er + E stärker erhalten, so führt man den Knopf der Flasche auf ihm herum, während daß man sie bey ihrer äußern Belegung anfaßt.

§. 1026. Die Erscheinungen des Electrophors (§. 1013. — 1022.) lassen sich sämmtlich sehr glücklich aus electrischen Wirkungskreisen erklären, und dienen auch zugleich, um die angeführten Gesetze der Electricität ins Licht zu setzen. Jeder geriebene Electrophor

phor ist mit seinem darauf liegenden Deckel als eine geladene und belegte Leidner Flasche oder Glastafel anzusehen, und verhält sich auch wie diese. Alles läßt sich dabey auf folgende Art nach Hrn. Lichtenberg aus den Wirkungen der sich entgegengesetzten Electricitäten ohne Schwierigkeit folgern.

§. 1027. Wird nämlich der Harzkuchen gerieben, so wird sein natürliches — E auf der obern Seite frey, und da dünne Nichtleiter der Vertheilung der Electricität nicht widerstehen (§. 980.), so bindet dies — E gleichviel + E auf der andern Fläche des Kuchens, und stößt das — E dieser Seite aus. Ist die Basis nicht isolirt, so geht dies — E frey aus, oder sättiget sich aus den leitenden Körpern mit andern + E. Setzt man den isolirten Deckel auf den Kuchen, so bindet das — E der obern Seite des letztern das + E des Deckels, sobald er in seinen Wirkungskreis kommt, und das — E des Deckels wird frey und nach der obern Seite zu ausgestoßen. Daher zeigt nun der Deckel, während daß er auf dem Kuchen liegt, auf der obern Seite — E (§. 1014.). Berührt man ihn hier mit dem Finger, so sättigt sich dies freye — E mit + E aus demselbigen und es entsteht ein Funke (§. 1013.); nun scheint aber alles wieder todt (§. 1015.). Hebt man aber den Deckel nach diesem Berühren an seinen Schnüren in die Höhe, so wird das + E der untern Seite desselben, das vorher durch das — E des Kuchens gebunden war, wieder frey, wenn es außer den Wirkungskreis des Kuchens kömmt, und der Deckel hat jetzt eigentlich + E — E + E = + E, ist also positiv electrisirt (§. 1019.), und giebt beym Berühren mit dem Finger einen Funken (§. 1018.), oder

sein

sein freyes + E sättigt sich mit — E aus dem Finger. Legt man den Deckel, ohne ihn in der Höhe berührt zu haben, wieder auf den Kuchen, so bindet das — E des letztern das + E des erstern, und es ist keine Electricität weiter zu spüren. Die Electricität entsteht beym Electrophor nicht durch Uebergang, sondern durch Vertheilung, und es läßt sich auch darnach das Perpetuelle desselben leicht einsehen.

§. 1028. Wenn die Basis isolirt ist, so kann das + E der Form nicht abgeführt werden. Denn, wenn die obere Seite des Kuchens — E hat, so bindet dies gleich viel + E der untern Seite; dies + wirkt aber auch zugleich auf die innere Seite der Form und stößt das + derselbigen ab, und zieht das — E an. Ist aber die Basis isolirt, so kann das + E der Form nicht frey oder abgeführt werden. Wird der Deckel auf den Kuchen gelegt, so kann das nicht ganz freye — E des Kuchens nicht so viel + E des Deckels binden, folglich nicht so viel — E frey machen, und daher ist bey der Berührung des Deckels der Funke nur schwach. Wenn aber Form und Deckel zugleich berührt werden, so ist der Fall anders, denn nun kann die Form ihr + E sogleich entlassen, und also kann das — E des Kuchens nun freyer wirken, und es entsteht der Erschütterungsfunken (§. 1021.), indem sich das aus der Form abgeführte + E mit dem freyen — E der obern Seite des Deckels sättiget. — Wenn aber auch die Basis nicht isolirt ist, so entsteht doch der Erschütterungsfunke (§. 1017.), wenn man Deckel und Form zugleich berührt, eben weil die Form ihr + E entläßt, indem die obere Seite des Kuchens durch das + E des Deckels beschäfftigt wird.

§. 1029.

§. 1029. Aus diesen Erscheinungen des Electrophors läßt sich auch die Ursach einsehen, warum eine jede losgeschlagene Leidner Flasche noch einen Funken giebt, wenn man sie zum zweytenmale berührt, indem sie jetzt wirklich einen geladenen Electrophor vorstellt.

Die Glastafel mit beweglichen Belegungen.

Volta's Condensator der Electricität, Cavallo's Collector.

§. 1030. Auf die Lehre von den electrischen Wirkungskreisen gründet sich auch noch der Condensator der Electricität, eine Erfindung des Hrn. Volta, und ein sehr wichtiger Beytrag zum electrischen Apparat. Er ist dem Electrophor ähnlich, nur daß er nicht wie dieser aus einer isolirenden, sondern aus einer halbleitenden oder schlechtleitenden Platte besteht, auf welche der wohl abgerundete Deckel von Metall vermittelst seidener Schnüre gelegt wird.

Volta, in den *philos. Transact. Vol. LXXII. P. I.*

§. 1031. Man macht diese Platte aus trocknem und reinem Marmor oder Alabaster, oder auch aus Holz mit Siegellack oder Firniß dünne überzogen, u. d. gl. halbleitender Materie. Der Deckel muß ganz genau an die Platte anschließen. Man kann auch eine Metallplatte mit Taffent auf ihrer untern Seite überziehen, seidene Schnüre daran befestigen, und sie dann so ohne untere Platte brauchen, wenn man sie auf einen Tisch, Stuhl, Buch, u. d. gl. legt.

§. 1032. Vermittelst dieses Condensators kann man äußerst schwache Electricitäten, die sonst nicht

bey

bemerkbar seyn, oder welche schnell und leicht verschwinden würden, merklich machen und sammlen, und er verdient daher auch den Namen eines Mikroelectroskops oder Mikroelectrometers.

§. 1033. Die Wirkung des Condensators beruhet darauf, daß in einem electrisirten Körper, wenn er in den Wirkungskreis eines andern mit seiner natürlichen Electricität versehenen Körpers kömmt, ein Theil seines ± E durch das ∓ E des andern mehr gebunden, oder in der Intensität vermindert, und er folglich fähig wird, mehr ± E von wo anders her anzunehmen, oder seine Capacität vermehrt wird. Diese Capacität wird bey der Berührung am größesten, wenn nur dabey die wirkliche Mittheilung oder der Uebergang der Electricität verhütet wird, welches man erhält, wenn man den Körper ohne alle scharfe Ecken und Spitzen so glatt als möglich macht.

§. 1034. Wird also dem Deckel des Condensators Electricität zugeführet, z. B. + E, so bindet die Basis durch ihr natürliches — E das + E des Deckels, die Intensität desselbigen wird vermindert, und die Capacität wächst, und so kann sich immer mehr und mehr von der zugeführten Electricität sammlen, die unbemerkbar ist, so lange der Deckel auf der Basis ruhet, aber sich sogleich zeigt, wenn man ihn an den seidenen Schnüren hinlänglich davon entfernt.

§. 1035. Um hierbey den wirklichen Uebergang der dem Deckel zugeführten Electricität in die Basis zu verhüten, wählt man eben zur letztern einen unvollkommenen oder Halbleiter, der diesem Uebergange der Electricitäten stark widersteht. Eine völlig

sig isolirende oder nichtleitende Basis würde nicht dienen, weil sie der Vertheilung der electrischen Atmosphäre zu sehr widersteht, und folglich die Capacität des darauf liegenden Deckels nicht vermehrt wird. Ein dünner isolirter Condensator ist daher ebenfalls auch unwirksam.

§. 1036. Durch den Condensator hat man entdeckt, daß bey verschiedenen Zerstörungen oder neuen Zusammensetzungen von Körperarten, wobey Wärmestoff wirksam ist, sich Electricität entwickele, als bey der Ausdünstung des Wassers + E, beym Verbrennen der Kohlen, bey der Erzeugung brennbarer und Salpeterluft, bey der Erhitzung des menschlichen Körpers durch Bewegung, u. d. gl. m. Ist die Electricität eines Körpers, den man untersucht, so schwach, daß der Condensator nur schwache Spuren davon zeigt; so kann man sie nach Hrn. Cavallo dadurch merklicher machen, daß man sie von dem größern Deckel an einen zweyten kleinern Condensator versetzt, und sie solchergestalt noch mehr condensirt.

§. 1037. Gegen diesen Volta'schen Condensator hat Hr. Cavallo den freylich gegründeten Einwurf gemacht, daß durch die Operation mit demselben Electricität ursprünglich erregt, oder die Basis electrophorisch werden kann, wodurch dann allerdings die damit erhaltenen Resultate trügerisch ausfallen müssen. Allein Hr. HR. Lichtenberg hat diesen Fehler durch folgende sinnreiche Einrichtung desselben völlig gehoben. Auf eine Metallplatte, wozu die äußere Seite jedes flachen zinnernen Tellers gebraucht werden kann, werden 3 Stückchen Scheibenglas, so klein als man sie nur erhalten kann, etwa in der

Grösse des Buchstabens o, in einen ohngefähr gleichseitigen Triangel gelegt. Auf diese 3 Glaspuncte wird nun der Teller des Condensators gesetzt, der sonst die metallene Unterlage nicht weiter berühren muß. Auf diese Art wird bloß eine dünne Luftschicht zwischen zwey Leitern erhalten, und dadurch der Zweck der Einrichtung des Condensators völlig erreicht, dabey aber der Fehler der gewöhnlichen Einrichtung vermieden. Es ist gut, die Platten vor jedesmaligem Gebrauch zu erwärmen.

* Erxlebens Naturlehre, von Hr. Lichtenberg. 5. Aufl. S. 489. f.

§. 1038. Hiemit kömmt auch der vom Hr. Cavallo vorgeschlagene Electricitätssammler oder Collector überein, der im Grunde der Lichtenbergische Condensator mit doppelter Luftschicht ist. Er besteht aus einer Zinnplatte, 13 Zoll lang und 8 Zoll breit, an deren kürzere Seitenränder zwey zinnerne Röhren, die an beiden Enden offen sind, angelöthet sind. In ein hölzernes Fußgestelle sind zwey gläserne, mit Siegellack überzogene, Glasfüße eingekittet; ihre obere Enden sind in die untern Oeffnungen der zinnernen Röhren eingekittet, so daß die Zinnplatte durch die Glasröhren vertical getragen wird, und völlig isolirt ist. An das hölzerne Bodenstück, das die Zinnplatte trägt, ist auf beiden Seiten ein hölzerner Rahm mit Hülfe eines Charniers befestigt, so daß diese Rahmen entweder mit der Platte parallel gestellt, oder horizontal niedergelegt werden können. Ueber die innere Seite dieser Rahmen ist von der Mitte ihrer Höhe Goldpapier ausgespannt, das noch wirksamer mit dünnem Stanniol überzogen werden kann. Wenn die Rahmen vertical stehen, so berühren sie die Zinnplatte

platte nicht, sondern sind etwa ½ Zoll davon ab. Sie sind auch etwas schmäler, als die Zinnplatte, um die zinnernen Röhren nicht zu berühren. Vermittelst eines oben angebrachten kleinen Brets mit einer Klammer können die Rahmen im verticalen Stande fest erhalten werden.

Beschreibung eines neuen electrischen Instruments, um eine zerstreute und wenig verdichtete Quantität der Electricität zu sammlen, von Hr. Tiberius Cavallo; aus den Philos. Trans. Vol. LXXVIII. S. 255. übers. im Journal der Phys. B. I. S. 275. ff.

§. 1039. Wenn das Instrument gebraucht werden soll, so stellt man es auf einen Tisch, in ein Fenster, oder an einen andern bequemen Ort. Man stellt ein Flaschenelectrometer daneben, welches durch einen Eisendrath mit einer von den zinnernen Röhren in leitender Verbindung ist. Man veranstaltet eine andere leitende Verbindung zwischen der Zinnplatte und der electrisirten Substanz, deren Electricität man in der Zinnplatte sammlen will. Um z. B. die Electricität des Regens oder der Luft zu sammlen, stellt man das Instrument nahe an ein Fenster, und steckt das eine Ende eines langen Draths in die Oeffnung der zinnernen Röhre, und läßt das andere Ende aus dem Fenster in die Luft hervorragen. Durch die nahe Nachbarschaft der leitenden Substanz der Rahmen wird die Intensität der der Zinnplatte zugeführten Electricität geschwächt, folglich die Capacität der Zinnplatte dadurch vermehrt, ohne daß ein wirklicher Uebergang der Electricität aus der Zinnplatte in die leitende Fläche der Rahmen erfolgen könnte. Werden nun die Rahmen horizontal niedergelegt, und so von der Zinnplatte entfernt, so wird die in der letztern vorher insensibel gemachte

Ele-

Electricität jetzt frey, und die Kügelchen des Flaschen-electrometers divergiren. Durch eine an das letztere genäherte geriebene Siegellackstange kann dann die Natur der gesammleten Electricität leicht erforscht werden. — Eine zu schwache Electricität kann man dadurch bemerklich machen, daß man sie aus dem größern Collector an einen kleinern versetzt.

Einige andere Erscheinungen der Electricität.

§. 1040. Die Electricität läßt sich auch im luftleeren Raume erregen, und eine kleine Electrisirmaschine unter der Klocke der Luftpumpe angebracht, liefert electrische Erscheinungen.

§. 1041. Die verdünnte Luft isolirt aber nicht mehr, sondern leitet sehr stark, und das electrische Licht breitet sich darin ungemein weit aus, und giebt im Dunkeln einen sehr hellen Glanz. Wenn man daher eine gläserne Kugel, die von Luft leer gepumpt ist, zum Reiber der Maschine nimmt, so erscheint sie im Dunkeln ganz mit Licht erfüllt. Das Leuchten der Barometer ist ebenfalls daher zu leiten.

§. 1042. Wenn man eine gläserne Klocke, die oben mit einem metallenen Knopf versehen ist, der mit mehrern Spitzen in die Klocke hinabsteigt, auf einem beweglichen Teller der Luftpumpe luftdicht aufkittet, dann die Luft darin verdünnt, und einen Funken in den Knopf der Klocke schlagen läßt, so breitet sich das electrische Licht in den ganzen Raum der Klocke aus. Dies electrische Licht zeigt sich auch, wenn man die Wand der Klocke an den Knopf des

trisirten Conductors der Maschine hält, und zwar stehn anfangs helle Blitze, bis zulezt alles mit t erfüllt ist.

§. 1043. Sonst äußert die electrische Materie h andere Wirkungen des Feuers; sie entzündet ht entzündliche Körper, wie z. B. Weingeist, Ae r, brennbare Luft, Harzstaub, Schießpulver, und ir geschieht diese Entzündung sowol durch negati als positive Electricität; sie schmelzt Metalle und kalkt sie. Nur eigentliche Wärme kann man bey n electrischen Lichte nicht durchs Gefühl oder durchs ermometer wahrnehmen. Endlich führe ich hier ch an, daß man gefunden hat, daß der wieder lte Durchgang des electrischen Funkens durch ein misch von phlogistisirter und dephlogistisirter Luft alpetersäure hervorgebracht hat. Man hat zwar Erzeugung dieser Säure bey diesen Versuchen le glich der Zersetzung der Luftarten zugeschrieben; al n mir scheint hierbey die electrische Materie selbst erdings das Wesentliche beyzutragen.

Cavendish über die Verwandlung eines Gemisches der de phlogistisirten Luft in Salpetersäure durch den electri schen Funken; im Journ. der Phys. B. I. S. 2..

Franklins System.

§. 1044. Um die electrischen Erscheinungen zu klären, habe ich freylich in dem Vorhergehenden, h dem Beyspiele mehrerer gründlicher Physiker, zwerley Electricitäten angenommen; allein dies bahe auch nur hypothetisch. Mehrere gelehrte turforscher erklären dagegen diese Phänomene mit 1. Franklin aus dem Mangel und Ueberfluß einer

ein-

einzigen Materie, und man kann jetzt freylich noch nicht behaupten, daß Franklins System widerlegt sey, ob es gleich die Erscheinungen nicht so leicht und glücklich erklärt, als das System zweyer verschiedenen sich entgegengesetzten electrischen Materien; und da, wo Mangel der natürlichen Electricität, oder negative Electricität, angenommen wird, dieser Mangel noch nicht erwiesen ist, ja eben so gut der Ueberschuß oder die positive Electricität für Mangel gehalten werden kann. Denn es ist ganz willkührlich die Glaselectricität für Ueberschuß, die Harzelectricität oder negative für Mangel der electrischen Materie angenommen worden.

§. 1045. Die Sätze dieses Franklinschen Systems sind folgende:

1) Es ist durch alle Körper eine feine Materie verbreitet, von welcher die electrischen Erscheinungen abhängen.

2) Die Theile dieser Materie stoßen sich untereinander ab; werden aber von den Theilen anderer Körper angezogen.

3) Wenn die Körper ihre ursprüngliche Menge dieser Materie enthalten, so zeigen sie keine electrische Erscheinungen.

4) Wenn aber in einem Körper die electrische Materie angehäuft wird, so ist er positiv electrisirt; und wenn ihm seine natürliche Dosis derselben entzogen wird, so ist er negativ electrisirt.

5) Dieser Mangel oder Ueberschuß der electrischen Materie entsteht entweder durch Uebergang oder durch Vertheilung.

Da der electrische Wirkungskreis Luft ist, durch Vertheilung electrisirt, so läßt sich darnach auch einsehen, warum zwey negativ electrisirte Körper sich abstoßen. Da dünne Nichtleiter, wie Glas, zwar dem wirklichen Uebergange der Electricität, nicht aber den Wirkungen ihres Anziehens und Abstoßens widerstehen, so erklärt Franklin auch die Ladung der Flasche sehr leicht. Wird nemlich die innere Belegung positiv electrisirt, so stößt die hier angehäufte electrische Materie die der äußern Seite aus, und daher wird diese negativ. Soll aber die abgestoßene electrische Materie der äußern Seite abgeführt werden können, so muß diese nicht isolirt seyn. Werden die äußere und innere Belegung der Flasche in leitende Verbindung gesetzt; so strömt der Ueberschuß der inneren Belegungen zu der äußern Belegung plötzlich über, und das Gleichgewicht stellt sich her. — Auch die Erscheinungen des Electrophors lassen sich nach Franklins System erklären. — Selbst die Umdrehung des electrischen Flugrades nach einerley Richtung durch positive und negative Electricität folgt ganz leicht aus diesem System.

New Experiments and observations on Electricity, by Mr. *Benj. Franklin*, Lond. 1751. 4. verm. 1769. 4.
Des Hrn. Benjam. Franklins Briefe von der Electricität, a. d. Engl. mit Anm. von J. C. Wilke. Leipz. 1758. 8.

* * *

§. 1016. So sehr man sich auch bisher mit electrischen Versuchen beschäfftigt hat, so sehr der Apparat dazu vervielfältigt worden, und so groß die Zahl der Erscheinungen ist, die man kennen gelernt hat; so müssen wir doch eingestehen, daß wir von der eigentlichen Natur des electrischen Fluidums nur wenig wissen.

wissen. Hr. de Luc hat es versucht eine Theorie der electrischen Flüssigkeit zu entwerfen, die uns vielleicht nähere Aufschlüsse über die Natur und das Wesen derselben verschaffen kann. Er hält sie für eine zusammengesetzte Flüssigkeit, die, wie der Wasserdunst, aus einem fortleitenden Flüssigen oder expansiven Stoffe, und aus einer Basis besteht, welche letztere er die electrische Materie nennt. Für einen Bestandtheil des erstern hält er das Licht. Die Kürze eines Handbuchs erlaubt nicht, seine scharfsinnige Theorie, und die Anwendung davon auf die electrischen Phänomene vorzutragen. Ich muß daher hier auf seine Schrift selbst verweisen. — Wenn man erwägt, daß in allen Fällen, wo Electricität ursprünglich erregt wird, immer ein brennbarhaltiger Körper zugegen seyn muß; daß das Amalgama, womit das Reibzeug bestrichen wird, beym Electrisiren wirklich unvollkommen verkalkt wird, und seinen metallischen Glanz endlich ganz verliert; daß dann auch seine Wirkung merklich abnimmt; sollte man hieraus, sage ich, nicht mit vieler Wahrscheinlichkeit schließen können, daß die Lichtmaterie, woraus das brennbare Wesen besteht, hauptsächlich das electrische Fluidum bilden helfe? und sollte der eigene phosphorische Geruch, der beym Electrisiren bemerkbar wird, nicht muthmaßen lassen, daß vielleicht eine Säure die Basis der electrischen Flüssigkeit ausmache, die aber nur in äußerst geringer Menge mit der Lichtmaterie vereiniget ist? — Vielleicht wird man in Zukunft mehr Aufmerksamkeit auf die Natur des electrischen Fluidums verwenden, als man bisher gethan hat, und dann auch mehrere Aufschlüsse hierüber erhalten.

De

De Luc's neue Ideen über die Meteorologie, Th. I. S. 186. u. ff.

Einige besondere Arten der Electricität.

§. 1047. An dem Turmalin, einer Schörlart, hat man schon seit geraumer Zeit die Eigenschaft entdeckt, daß er, wenn er erwärmt oder auch abgekühlt wird, Electricität erhält, und zwar entgegengesetzte Electricitäten an entgegengesetzten Seiten. Die Electricität äußert sich nach der Richtung seiner Achse, die durch die beiden Enden des Krystalles geht, so daß diese die entgegengesetzte Electricität haben. Durch Reiben mit schicklichen Materien erhält er die Electricität, wie andere Nichtleiter. Sonst hat man die Eigenschaft, durch bloße Erwärmung, ohne Reiben, electrisirt zu werden, noch an dem brasilianischen Topas, am krystallisirten Galmey, und am Boracit wahrgenommen.

Ich theile hier die Eigenschaften des Turmalins in Absicht auf die Electricität nach Hrn. Cavallo (vollständige Abhandl. der Lehre von der Electricität, S. 26. ff.) mit:

1) So lange der Turmalin in einerley Grade der Wärme erhalten wird, zeigt er keine Merkmale der Electricität. Er wird aber electrisirt, wenn man ihn erwärmt oder erkältet, und zwar in dem letztern Falle noch stärker, als in dem ersten.

2) Die Electricität zeigt sich nicht auf seiner ganzen Oberfläche, sondern nur in der Gegend zweyer entgegengesetzten Punkte, die man seine Pole nennen kann, welche allezeit in gerader Linie mit dem Mittelpunkte des Steines und nach der Richtung seiner Blätter liegen; nach welcher Richtung er vollkommen undurchsichtig ist, ob er gleich nach der andern Richtung halbdurchsichtig erscheint.

3) Während der Zeit, da der Turmalin erwärmt wird, hat der eine Pol A von ihm + E, der andern Pol B − E. Wird er aber erkältet, so hat während der Zeit des

des Erkältens A — E, und B + E. Wird der eine Pol mehr erwärmt, indem der andere mehr erkaltet, so kann es kommen, daß beide Pole + E oder — E haben.

4) Wird er erwärmt, und nachher wieder abgekühlt, ohne daß eine seiner Seiten berührt wird, so hat A + E, B — E, die ganze Zeit der Erwärmung und Abkühlung hindurch.

5) Wenn der Turmalin auf einem isolirten Körper erwärmt oder erkaltet wird, so wird dieser Körper eben so wohl, als der Stein, electrisirt, und erhält die entgegengesetzte Electricität von derjenigen, die sich in der darauf ruhenden Seite des Steins befindet.

6) Die Electricität einer jeden oder beider Seiten kann sich in die entgegengesetzte verwandeln, wenn der Turmalin beym Erwärmen oder Erkälten verschiedene Substanzen berührt.

7) Wird der Turmalin in verschiedene Stücke zerschnitten, so hat jedes Stück seinen positiven und negativen Pol, einen jeden nach der positiven oder negativen Seite des Steins zu, aus welchem man das Stück geschnitten hat.

8) Diese Eigenschaften des Turmalins zeigen sich auch im luftleeren Raume, aber nicht so stark, als an der Luft.

9) Canton hat an einem im Dunkeln erwärmten Turmalin während der Erwärmung ein sehr lebhaftes Licht wahrgenommen.

Experiments on the Turmalin, by Mr. *Benj. Wilson*; in den *philos. Trans. Vol. LI. P. I.* S. 308. Recueil de differens mémoires sur la Tourmaline, publié par Mr. *Franc. Ulr. Theod. Aepinus*, à Petersbourg 1762. 8. Wilke Geschichte des Turmalins; in den schwedischen Abhandl. B. XXVIII. S. 95. ff. u. B. XXX. S. 1. ff. u. 105. ff. *Torb. Bergmann* de vi electrica Turmalini; in seinen *opusc. physic. chem. Vol. V.* S. 402. ff.

Die Electricität des Boracits hat Hr. Hauy entdeckt. Er hat seine Versuche mit solchen Würfeln gemacht, wovon 4 Ecken so abgestumpft sind, daß jede Abstumpfungsfläche einer nicht abgestumpften Ecke gegenüber steht, und wovon auch die zwölf Kanten des Würfels abgestumpft sind. Man kann in diesen Krystallen des Boracits vier verschiedene Achsen annehmen, die eine ähnliche Lage haben, und wovon jede durch eine nicht abgestumpfte Ecke des Würfels und durch die Mitte der Abstumpfungsfläche der gegenüber stehenden abgestumpften Ecke geht. Die electrischen Kräfte äußern sich in den Richtungen dieser 4 Achsen so, daß diejenige

nige von den beiden einerley Achse zugehörigen Ecken, welche abgestumpft ist, + E hat, während die gegenüberstehende nicht abgestumpfte Ecke — E zeigt.

Ueber die Electricität des Boracits, oder Boraxspathes, vom Hrn. Abbe Haüy; im Journal der Phys. B. VII. S. 87. f.

§. 1048. Noch merkwürdiger ist die Electricität einiger Fischarten. Am stärksten entdeckte man sie an dem **Zitteraal**, oder **electrischen Aal** (Gymnotus electricus), der, wenn er gereizt wird, bey der Berührung mit der Hand, oder auch mit einem Leiter, und selbst bey der Entfernung im Wasser, eine starke Erschütterung und einen heftigen Stoß in den Gelenken der Finger, ja sogar bis zum Ellenbogen, verursacht, als wenn man eine geladene Leidner Flasche mit den Händen entladet. Bey Berührung und Reizung des Fisches durch Nichtleiter empfindet man keinen Stoß. Aehnliche, wiewohl schwächere, Wirkungen hat man an dem **Zitterrochen** (Raja Torpedo) wahrgenommen, an dem Hr. **Walsh** wirkliche electrische Funken sichtbar gemacht hat, als er den aus dem Wasser genommenen Fisch reizte. Endlich gehört noch hieher der **Zitterwels** (Silurus electricus), und der electrische **Stachelbauch** (Tetrodon electricus).

Vom Zitteraal hat Hr. Bloch (Naturgeschichte der ausländischen Fische, Th. II. Berl. 1786. 4. S. 43.) die Nachrichten darüber sorgfältig gesammlet.

Vom Zitterrochen sehe man; *John Walsh* of the electric property of the Torpedo; in den *philos. Transact. Vol. LXIII.* S. 461;

Vom Zitterwels: *Broussonet*, in den Mém de l'acad. roy. des sc. de Paris, 1782.

Vom electrischen Stachelbauch: *Paterson*, in den *philos. Transact. Vol. LXXVI. P. II.* S. [illegible]

§. 1049.

§. 1049. Endlich ist hier noch die von Hrn. Galvani, besonders an Fröschen, entdeckte, so genannte, thierische Electricität zu erwähnen. In Ansehung der dabey stattfindenden nähern Umstände aber verweise ich indessen auf die folgenden Schriften.

Aloysi Galvani Abhandlung über die Kräfte der thierischen Electricität auf die Bewegung der Muskeln, nebst einigen Schriften der HH. Valli, Carminati und Volta über eben diesen Gegenstand. Herausgeben von D. Joh. Mayer. Prag 1793. 8. Grens Journal der Phys. B. VI. S. 371. ff. S. 382. ff. S. 392. ff. S. 402. ff. S. 411. ff. S. 414. ff.

Achter Abschnitt.

Magnetische Materie.

§. 1050.

Ein besonderes Eisenerz, das unter dem Namen des Magnets (Magnetes) bekannt ist, hat die Eigenschaft, das Eisen an sich zu ziehen, und mit ziemlicher Kraft an sich zu halten. Die Wirkung dieser Anziehung äußert sich schon in der Entfernung, und wenn das Eisen leicht und beweglich genug ist, so bewegt es sich in der Nähe des Magnets gegen denselbigen zu, und auch umgekehrt der Magnet gegen das Eisen, wenn er Beweglichkeit genug hat.

Versuche: An einen rohen Magnet hängt sich Eisenfeile als ein Bart an.

Eine Nadel, die an einem Faden hängt, wird in der Entfernung nach dem Magnet gezogen.

Eisenfeile, die auf Quecksilber oder auf einem Papier auf Wasser schwimmt, bewegt sich schon in der Entfernung gegen einen Magnet.

Ein Magnet, der auf einem Brett auf Wasser oder auf Quecksilber schwimmt, wird schon in der Entfernung vom Eisen angezogen.

§. 1051. Der Magnet, der sich frey genug bewegen kann, bleibt nicht in jeder Lage, die man ihm giebt, sondern wendet sich ohngefähr mit einem Ende gegen Norden, und mit dem entgegengesetzten nach Süden zu. An diesen sich einander entgegengesetzten Enden hängt sich auch das Eisenfeil in der größten Menge am Magnet an, und kleine Stückchen Eisendrath stellen sich hier senkrecht auf den Magnet.

Versuche: Ein Magnet, der an seinem Schwerpunct durch einen Faden aufgehängt ist, dreht sich mit einer Seite nach Norden, mit der andern nach Süden.

Eben dies geschiehet, wenn er auf Quecksilber schwimmt.

An diesen entgegengesetzten Enden hängt sich das Eisenfeil am stärksten an, und stellt sich ein Stückchen feines Eisendrath senkrecht.

§. 1052. Diese sich einander entgegengesetzten Puncte des Magnets nennt man die Pole desselben, und zwar wegen ihrer Richtung den einen den Nordpol (polus boreus), den andern den Südpol (polus australis). Es giebt auch Magnete mit drey und mehrern Polen, welche zusammengesetzte oder anomalische Magnete genannt werden, und aus mehrern verwachsenen Magneten zu bestehen scheinen.

§. 1053. Die Richtung des Magnets oder die Lage seiner Achse, d. h. der geraden Linie, die man von einem Pol desselben zum andern ziehen kann, kömmt nur ohngefähr mit der Mittagslinie überein; und läßt sich am besten durch die künstliche Magnetnadel (acus magnetica, versorium) zeigen, von deren Einrichtung weiterhin geredet wird.

§. 1054. Der Magnet zieht das Eisen am stärksten, wenn es im vollkommensten regulinischen Zustande

stande

stande ist. Die Anziehung desselben dagegen wird schwächer, wenn das Eisen vererzt, oder in Säuren aufgelöst, oder mit andern Metallen, besonders mit Arsenik verbunden wird, doch ist sie unter den gehörigen Umständen nach Hrn. Brugmann allerdings noch bemerkbar.

Versuche: Einige Tropfen frische Eisenvitriolauflösung auf einem auf dem Wasser schwimmenden Papier werden vom Magnet angezogen.

§. 1055. Ueberhaupt lehrt die Erfahrung, daß das Eisen immer um desto schwächer angezogen werde, je mehr es dephlogistisirt wird, und ganz vollkommener Eisenkalk wird nicht gezogen. Wir wissen jetzt gewiß, daß das Eisen nicht das einzige Metall ist, welches vom Magnet angezogen wird. Der Kobaltkönig, auch der reinste, ist nicht nur fähig, vom Magnet gezogen, sondern auch sogar selbst zum Magnet zu werden, und wirklich hat man jetzt auch schon Magnetnadeln von einem Kobaltmetall.

Erweis, daß das Eisen nicht das einzige Metall sey, welches der Magnet in seiner Reinigkeit anziehet, sondern daß er auch diese anziehende Kraft gegen das Metall des allerreinsten blaufärbenden Kobaltkönigs äußere, von Hrn. J. E. Kohl; in Crells neuesten Entdeckungen, Th. VII. S. 39. ff.

§. 1056. Die Kraft des Magnets, das Eisen zu ziehen, wird verstärkt, wenn man die Pole desselben sehr glatt abschleift, und dünne eiserne Platten, die sich unten in einen dickern hervorstehenden Fuß endigen, daran befestiget. Diese Platten ziehen nun weit mehr, als der Magnet selbst.

§. 1057. Der auf diese Art vorgerichtete Magnet heißt gewaffnet oder armirt (armatus), und die Stücke Eisen seine Armaturen oder Panzer. Und

die

die Stärke der Anziehung des Eisens durch Gewichte bequem auszufinden, dient ein eiserner Stab, der mit seiner platten Seite an die Füße oder künstlichen Pole des Magnets anschließt, und in der Mitte mit einem Haken zum Anhängen der Gewichte versehen ist. Man nennt diesen Stab den **Anker**.

§. 1058. Die Wirkung des Magnets auf das Eisen nimmt mit der Entfernung ab. Man kennt indessen keinesweges genau das Gesetz, nach welchem die Anziehung eines und desselben Magnets auf das Eisen ab- oder zunimmt. Hr. von Saussure hat durch seine Magnetometer gefunden, daß die Kraft des Magnets gegen das Eisen an verschiedenen Orten veränderlich ist.

Saussure Beschreibung eines neuen Magnetometers; in seinen Reisen durch die Alpen, Th. II. S. 126. ff.

§. 1059. Die Erfahrung lehrt, daß bey gleicher Entfernung die Intensität der Anziehung zwischen Eisen und Magnet dieselbige bleibt, es mag zwischen beiden ein Mittel seyn, welches es will, nur nicht ein solches, das selbst der Mittheilung des Magnetismus fähig ist, als Eisen. Auch im luftleeren Raume bleibt die Anziehung dieselbige.

Hierauf gründen sich allerley Spielereyen und Taschenkünste.

Versuche: Die Magnetnadel wird vom Eisen angezogen, auch wenn sie hinter Glase, hinter Messing, Brett, Büchern, u. d. gl. steht.

Eine unter der Glocke der Luftpumpe im leeren Raum derselbigen hängende Magnetnadel wird durch das äußerlich an die Glocke gehaltene Eisen angezogen.

§. 1060. Der Magnet zieht nicht allein das Eisen an, sondern auch einen andern Magnet. Allein die Pole des Magnets ziehen sich nicht ohne Unter-

ter-

terschied an, sondern nur die ungleichnamigen; oder der Nordpol des einen Magnets zieht nur den Südpol des andern, und umgekehrt, und beide hängen bey der Berührung stark zusammen. Dies Anziehen nimmt auch mit der Entfernung immer mehr ab; kann sich aber bey starken Magneten auf eine beträchtliche Weite erstrecken.

§. 1061. Die gleichnamigen Pole des Magnets hingegen, als der Nordpol des einen und der Nordpol des andern, der Südpol des einen und der Südpol des andern, ziehen sich nicht nur nicht an, sondern stoßen sich sogar zurück. Dies Zurückstoßen erstreckt sich auch in die Entfernung, nimmt aber damit immer mehr und mehr ab.

§. 1062. Hieraus folget also das allgemeine Gesetz: ungleichnamige Pole des Magnets ziehen sich an, gleichnamige Pole desselben stoßen sich ab.

Versuche: Der Nordpol des einen Magnets hängt mit dem Südpol eines andern zusammen.

Zwischen dem Nordpol oder Südpol des einen, und dem gleichnamigen des andern, ist keine Spur von Zusammenhang zu merken, wenn sie sich berühren.

Ein Magnet, der an einer Waage ins Gleichgewicht gebracht ist, wird bey der Annäherung der ungleichnamigen Pole eines andern Magnets herabgezogen (so wie vom Eisen), bey Annäherung der gleichnamigen Pole aber in die Höhe gestoßen.

Der Nordpol einer Magnetnadel fliehet vor dem Nordpol des Magnets, und geht nach dem Südpol desselbigen zu, der hingegen wieder den Südpol der Magnetnadel abstößt.

§. 1063. Wegen dieser Wirkungen heißen die ungleichnamigen Pole zweyer Magnete auch freundschaftliche (p. amici), die gleichnamigen feindschaftliche (p. inimici).

§. 1064.

§. 1064. Das Eisen, besonders der Stahl, ist der Mittheilung des Magnetismus fähig, und kann die Eigenschaften des Magnets, anderes Eisen zu ziehen, und die Polarität erlangen. Das magnetisch gemachte Eisen oder Stahl heißt überhaupt ein künstlicher Magnet, und übertrifft an Wirkung oft den natürlichen.

§. 1065. Der Magnetismus kann dem Stahle und Eisen auf verschiedene Art durch einen natürlichen Magnet mitgetheilt werden. Schon dadurch, daß eine eiserne oder stählerne Nadel an der Armatur eines natürlichen Magnetes eine kurze Zeit hängt, erhält sie das Vermögen, leichtes Eisenfeil zu ziehen, und zeigt an der Spitze, womit sie den Pol des Magnets berührte, den entgegengesetzten Pol des Magnets, oder die Spitze der Nadel wird z. B. zum Südpol, wenn sie an dem Nordpol des Magneten hing. In dieser Mittheilung des Magnetismus liegt auch zum Theil der Grund, daß sich an dem am armirten Magnet hängenden Bart vom Eisenfeil noch mehreres anlegt, und daß man auf diese Art eine große Menge Eisenfeil schwebend erhalten kann.

§. 1066. Stärker und dauerhafter ertheilt man dem Stahle oder gutem Eisen den Magnetismus durch das Streichen mit dem Magnet. Man hat eine doppelte Art, die eine heißt der einfache Strich, die andere der Doppelstrich. Um so etwa in einem eisernen oder stählernen Stabe den Magnetismus zu erregen, so setzt man beym einfachen Strich auf den gehörig fest liegenden Stab einen Pol des armirten Magneten in der Mitte des Stabes auf, und fährt ihn nach dem Ende zu ab, setzt ihn in der Mitte des Stabes wieder auf, und fährt so mit einem ge-

linden

[...]nden Striche mehrere male fort. Das Ende der [g]eriebenen Hälfte des Stabes wird der entgegenge[se]tzte, oder der ungleichnamige, oder der freund[sc]haftliche Pol des natürlichen Magnets, also zum Südpol, wenn man mit dem Nordpol dies Streichen verrichtete. So verfährt man nun auch mit der an[d]ern Hälfte des Stabes, setzt den andern Pol des [a]rmirten Magnets auf, und streicht damit. Man [m]uß hierbey überhaupt aber nicht die Pole verwech[s]eln, oder rückwärts streichen.

§. 1067. Durch den Doppelstrich (§. 1066.) mag[n]etisirt man den Stahl oder das Eisen, wenn man [d]en armirten Magnet mit seinen beiden Polen der [L]änge nach auf den Stab aufsetzt, und so der Länge [n]ach mehrere male von dem einen Ende bis zum an[d]ern reibt, und zuletzt den Magnet wieder von der [M]itte des Stabes abführt. Das Ende des Stabes, [w]elchem bey diesem Reiben der Nordpol des armir[t]en Magnets zunächst war, wird zum Südpol, und [d]as andere zum Nordpol.

§. 1068. Weiches Eisen nimmt hierbey den [M]agnetismus leichter an, als hartes, oder als [S]tahl, verliert ihn aber auch leichter als dieses. [U]nd um ihn in den magnetisirten Stäben zu erhal[t]en, ist es gut, zwey davon so neben einander aufzu[b]ewahren, daß ihre freundschaftlichen Pole bey ein[a]nder liegen, und mit einem Anker geschlossen sind.

§. 1069. Auf eine ähnliche Art macht man [a]uch die magnetischen Hufeisen, an denen man die [S]tärke der Anziehung gegen das Eisen ebenfalls [d]urch einen Anker und durch angehängte Gewichte, [w]ie bey dem armirten Magneten (§. 1057.), bestim[m]en kann.

§. 1070.

§. 1070. Auch den Magnetnadeln (§. 1053.) wird auf diese Art der Magnetismus entweder durch den einfachen Strich oder den Doppelstrich ertheilt. Sie werden aus dünnem Stahle bereitet, und sind in der Mitte mit einem recht glatt ausgehöhlten Hute von Messing oder Achat versehen, mit welchem sie auf einer feinen Spitze horizontal schweben, und sich frey darauf bewegen können. Ihre Vollkommenheit beruhet auf ihrer gehörigen und symmetrischen Figur, auf der Stärke des ihr mitgetheilten Magnetismus, und auf der Freyheit ihrer Bewegung.

Vom Compaß oder der Boussole, seinem Gebrauche und Nutzen.

Eine neue sehr empfindliche Art der Aufhängung der Magnetnadeln vermittelst der starken Fäden der Kreuzspinne hat Hr. Bennet angegeben.

A new Suspension of the magnetic needle, intended for the discovery of minute quantities of magnetic attraction; by A. Bennet, in den *philos. Transact.* 1792. S. 81. ff.

§. 1071. Die Magnetnadeln und der Magnet richten sich aber in den wenigsten Fällen genau nach Norden, und die Polarität derselbigen gilt nur mit Einschränkung. Wir finden vielmehr, daß die Magnetnadel an den mehresten Orten auf der Erde sich von der wahren Richtung der Mittagslinie entweder nach Westen oder nach Osten zu mehr oder weniger abwendet, und daher der magnetische Meridian nicht mit dem wahren Meridian immer übereinstimmt. Der Winkel, welchen sie auf diese Art mit der wahren Mittagslinie macht, heißt die Abweichung oder Declination der Magnetnadel (declinatio s. variatio acus magneticae).

§. 1072.

§. 1072. Die Abweichung der Magnetnadel ist an den verschiedenen Stellen der Erde verschieden. Es giebt einige Stellen, wo die Abweichung gar nicht stattfindet, oder wo die Richtung der Achse der Nadel mit der Mittagslinie des Orts genau parallel ist; andere, wo die Nadel westlich; andere, wo sie östlich abweicht. Aus mehrern Beobachtungen hat man Karten entworfen, worauf diese Abweichungslinien der Nadel gezeichnet sind (Declinationskarten).

§. 1073. Eine solche Linie auf der Erde, auf welcher die Magnetnadel nicht abweicht, geht von dem südlichen Theile des großen Indischen Meeres, und Neuholland, durch die philippinischen Inseln, das südliche China und durch Asien, vermuthlich bis in das Eismeer zwischen Nova Zembla und Spitzbergen. Eine andere solche Linie, auf der keine Abweichung der Nadel stattfindet, geht durch das äthiopische Meer und einen Theil des atlantischen Meeres, bey dem Cap St. Augustin in Brasilien vorbey, und neben den Bermudischen Inseln, endlich in die nordamericanischen Länder. Von dieser letztern Linie an ist auf der Erde nach Osten zu die Abweichung der Magnetnadel westlich. Diese ist also in ganz Europa, in Africa, in dem östlichen Theile der nordamericanischen Länder, und in dem südlichen Theile des westlichen Asiens westlich. Die Abweichung nimmt von jener Linie an immer mehr und mehr zu, bis im Ocean westwärts von Großbritannien, und ostwärts vom Vorgebürge der guten Hoffnung, wo sie 1770 am größesten war, nemlich 25°. Von hier annimmt die Abweichung der Nadel immer mehr und mehr ab, je weiter man nach Osten zu kömmt, und wird

 im-

immer kleiner, bis sie sich an der ersten erwähnten Linie ohne Abweichung ganz wieder verliert. Von dieser Linie an ostwärts fängt die Abweichung an östlich zu werden, und nimmt immer mehr und mehr zu. Die größte östliche Abweichung von 25° ist unterhalb der südlichen Spitze von America. Von hier an nimmt die östliche Abweichung wieder ab, und verliert sich endlich auf der angezeigten zweyten Linie ganz.

Berliner astronomisches Jahrbuch für 1779.

§. 1074. Selbst aber auch an einerley Orten ist die Abweichung nicht zu allen Zeiten dieselbige, sondern leidet Veränderungen, (variatio declinationis). Nach lange fortgesetzten Beobachtungen zu Paris hat man gefunden, daß die Nadel vor dem Jahre 1666 östlich abwich; im Jahre 1666 selbst hatte sie keine Abweichung. Seit dieser Zeit fing sie an, immer mehr und mehr westlich abzuweichen, und im Jahre 1783 betrug diese westliche Declination 21° 4′. Jetzt scheint die westliche Abweichung daselbst wieder abzunehmen. Man sieht hieraus leicht, daß die Declinationskarten nicht für immer dienen können. — Sonst erfährt die Abweichung der Nadel auch nicht selten eine kurze temporelle Veränderung an einem und eben demselbigen Orte, die manchmal sehr beträchtlich seyn kann.

§. 1075. Wenn auch die Magnetnadel so gearbeitet war, daß sie vor dem Streichen mit dem Magnet völlig waagerecht auf der Spitze schwebte, so findet man doch, nachdem sie magnetisirt worden ist, daß sie ihr Gleichgewicht in etwas verliert, und sich mit der einen Spitze unter den Horizont neigt. Der

Win-

Winkel, welchen die dazu eingerichtete Nadel mit der Horizontallinie macht, heißt die Neigung oder Inclination der Magnetnadel, (inclinatio acus magneticae).

§. 1076. Um die Magnetnadel so aufzuhängen, daß sie die Inclination ungehindert zeigt, dient die gewöhnliche Einrichtung mit dem Hute nicht, sondern sie wird gewöhnlich mit Zapfen versehen, an welchen sie in der Mitte eines Ringes hängt. (Neigungsnadel, Neigungscompaß.) Um die Neigung gehörig zu bemerken, muß die Nadel auch zugleich im magnetischen Meridiane stehen. Denn wenn ihre Achse nicht im magnetischen Meridian ist, so sind die Neigungen größer, und wenn sie den magnetischen Meridian rechtwinklicht durchschneidet, so steht sie gar völlig lothrecht, wenn sie anders gut und fein genug gearbeitet ist.

Wolf nützliche Versuche, Th. III. Cap. 4. §. 61. Recueil des pieces sur les boussoles d'inclinaison, à Paris 1748. 4. Brander und Höschel Beschreibung des magnetischen Declinatorii und Inclinatorii, Augsb. 1779. 8.

§. 1077. In dem größten Theile der nördlichen Halbkugel unsrer Erde ist es der Nordpol der Magnetnadel, der sich gegen die Horizontalebene neigt. Diese Neigung ist nicht an allen Orten gleich stark, und nimmt zu, je weiter der Ort vom Aequator absteht, oder je größer seine Breite ist. In der südlichen Hälfte unserer Erde macht die Spitze des Südpols der Magnetnadel die Neigung, und diese nimmt ebenfalls nach Verhältniß der Breite des Orts zu. Sonst ist die Inclination der Nadel, so wie ihre De-

clination, mancherley zufälligen Veränderungen unterworfen.

- Beobachtungen neuerer Zeiten über die Größe der Neigung der Nadel hat Hr. Cavallo in einer Tabelle zusammengestellt: Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Magnet, mit eigenen Versuchen, von Tiber. Cavallo. a. d. Engl. Leipz. 1789. 8.

§. 1078. In Eisen und Stahl kann der Magnetismus auch ursprünglich hervorgebracht werden, ohne Beyhülfe eines natürlichen oder künstlichen Magneten, und also ohne Mittheilung des Magnetismus. Man hat gefunden, daß eiserne Stangen und Stifte, wenn sie eine Zeitlang in lothrechter Stellung aufgestellt wurden, wenigstens Polarität zeigten, noch mehr, wenn sie in magnetischen Meridianen unter einem Winkel gegen den Horizont geneigt standen, wie es die Inclinationsnadel angiebt. Das untere Ende eines solchen Stabes stößt den Nordpol der Magnetnadel, und zieht den Südpol. Es ist also selbst der Nordpol. Die Polarität ist aber nur von gar kurzer Dauer, und verliert sich bey einer horizontalen Stellung bald wieder. So kann man auch augenblicklich Polarität in einer eisernen Stange zuwege bringen, wenn man sie lothrecht in der Hand hält, und mit einem Hammer oder Schlüssel von einem Ende der Stange bis zum andern Ende sanft klopft. Das untere Ende wird der Nordpol, das obere der Südpol. Durch Umkehren der Stange und neues Anschlagen kann man die Pole leicht wieder verwechseln. Stählerne Werkzeuge, womit man kaltes Eisen bohrt oder schneidet, werden an der Spitze oft magnetisch; imgleichen zeigt das Eisen Polarität, wenn es glühend im kalten

Was-

Wasser abgelöscht ist, oder gewaltsam zerbrochen wird. Durch die electrischen Funken hat man magnetische Kraft in dem Eisen entstehen, durch stärkere sie aber auch wieder verschwinden gesehen.

§. 1079. Außer mehrern von Hrn. **Knigth, Mitchell, Canton, Ingenhouß** ausgefundenen Methoden, den Magnetismus im Eisen ursprünglich zu erregen, hat besonders Hr. **Antheaulme** eine Methode bekannt gemacht, nach welcher man leicht und bequem den Magnetismus im Eisen ursprünglich erwecken und sehr stark machen kann, von der in den Vorlesungen selbst gehandelt, und das Verfahren dabey umständlicher gezeigt wird.

Knight in den philos. Transact. Vol. LXIX. S. 51. ff. A Treatise of artificial magnets, by *J. Mitchell*, Lond. 1750. 8. *Canton*, in den *philos. Transact.* Vol. XLVII. S. 31. ff., u. übers. im Hamburg. Mag. B. VIII. S. 339. Ingenhouß vermischte Schriften, B. I. S. 409. ff. Mémoire sur les aimants artificiels, qui a remporté le prix de l' acad. de Peterb., par Mr. *Antheaulme*, à Paris 1760. Karstens Entwurf der Naturwissenschaft §. 583. ff.

§. 1080. Der natürliche Magnet sowohl, als der künstliche, verliert seinen Magnetismus gänzlich durch das Glühen im Feuer, und durch das Calciniren. So wird auch dem Stahle oder Eisen der Magnetismus durch starkes Werfen, Krummbiegen, oder durch Rückwärtsstreichen bald wieder geraubt. Wie man in den magnetisirten Stäben den Magnetismus dauerhaft erhalte, das habe ich oben (§. 1086.) schon angeführt. Eben so bewahrt man auch am besten armirte Magnete oder magnetische Hufeisen auf, indem man sie paarweise mit ihren freundschaftlichen Polen an einander legt.

§. 1081.

§. 1081. Noch ist hier folgendes, von Hrn. Brugmans entdeckte, Phänomen beym Streichen eines Stabes von Eisen oder Stahl mit dem Magnet, zu erwähnen. In jedem Stabe, er sey von Eisen oder Stahl, AC (Fig. 127.) giebt es zwey Puncte M und N, die so beschaffen sind, daß, wenn man bey ihnen mit dem Streichen eines starken Magnets, womit man an einem Ende, wie in A, angefangen hat, aufhört, bald in A, bald in C keine magnetische Kraft hervorgebracht wird. Wenn man nemlich nur bis M gestrichen hat, so wird in A kein Magnetismus erscheinen; streicht man bis N, so wird er am andern Ende C mangeln, ob man gleich, wenn man dies- oder jenseits der Puncte M und N mit Streichen aufhört, einen bemerkbaren Magnetismus an beiden Enden hervorbringt. Hr. Brugmans nennt diese Puncte M und N Indifferenzpuncte, weil die Enden der Stäbe, die bis dahin gestrichen werden, auf die Pole einer Magnetnadel ohne Unterschied (indifferent) wirken, und beide mit gleicher Leichtigkeit anziehen.

Philosophische Versuche über die magnetische Materie, und deren Wirkung in Eisen und Magnet, a. d. Lat. des Hrn. Anton Brugmans übers. herausgegeben von Christ. Gotth. Eschenbach. Leipz. 1784. 8. S. 70. ff.

§. 1082. Hr. van Swinden, der die Theorie der Indifferenzpuncte des Hrn. Brugmans mit sehr vielem Scharfsinn untersucht hat, setzte zu diesen Indifferenzpuncten noch einen culminirenden Punct, mit dem es folgende Bewandtniß hat. Wenn man das eiserne Stäbchen AC mit dem Pole eines Magnets, z. B. mit dem Nordpole, von A nach C

streicht,

streicht, so erscheint im Anfange in A der Südpol und in C der Nordpol, dessen Kraft immer zunimmt, indem man den Magnet durch einen bestimmten Raum von A fortführt. Es ist aber ein Punct in dem Stäbchen AC von der Eigenschaft, daß, wenn der Magnet vom Ende A bis dahin geführt worden, alsdann das Maximum der nördlichen Kraft an dem Ende C beobachtet werde. Diesen Punct nennt Hr. van Swinden den culminirenden Punct (punctum culminans), weil, wenn man diesseits oder jenseits dieses Punctes mit Streichen aufhört, die Polarkraft am Ende C allemal schwächer ist. Hr. van Swinden zeigt durch seine Versuche, daß die drey Puncte, nemlich der culminirende Punct und die beiden Indifferenzpuncte, nicht nur von der Länge und Dicke des eisernen Drathes oder Stabes, sondern auch von der Härte des Eisens und der Stärke des Magnets abhängen.

Brugmans a. a. O. S. 81. f. Tentamina theoriae mathematicae de phaenomenis magneticis. Specimen I. sistens principia generalia ad novam punctorum indifferentiae et puncti culminantis theoriam. Franequ. 4. maj.

Hrn. Prevost's Theorie des Magnetismus.

§. 1083. Die so auffallenden Erscheinungen des Magneten, und unsere Neigung, zu den wahrgenommenen Wirkungen auch eine passende Ursach zu haben, aus der man seine herleiten kann, haben manche Theorie über den Magnetismus erschaffen. Man muß von mehrern derselben geradezu gestehen, daß sie physikalische Romane sind. Ich theile hier die Theorie des Hrn. Prevost kürzlich mit, die mir die Phänomene des Magnetismus am glücklichsten zu erklären scheint, und unter uns noch nicht so bekannt ist, als sie es zu seyn verdient.

De l'origine des forces magnetiques, par P. Prevost, à Geneve 1788. 8., und im Auszuge, in seinen Recherches physico-mecaniques sur la Chaleur, à Geneve 1792. 8. S. 218. ff. Aus letzteren habe ich das Folgende wörtlich übersetzt.

§. 1084. Die feinen und expansiven Flüssigkeiten, die eine so große Rolle in den Operationen der Natur spielen, sind discrete Flüssigkeiten, deren Theilchen sich nach allen Seiten zu bewegen, ein jedes nach der Richtung, in die es eine constante mechanische Ursache treibt.

Eine discrete Flüssigkeit kann entweder einfach oder zusammengesetzt seyn. Die zusammengesetzte entsteht entweder durch eine bloße Vermengung (melange), oder durch eine Vermischung (combinaison). Hr. Prevost nennt die eine gemengt (mixte), die andere gemischt (combiné). In einer discreten gemischten Flüssigkeit sind alle Grundmassen (molecules) gleichartig, und eine jede Grundmasse ist durch die Verbindung von zwey oder mehreren verschiedenen Elementen gebildet.

Die magnetische Flüssigkeit ist eine discrete gemischte Flüssigkeit, deren Grundmassen durch die Verbindung von zweyen ungleichartigen Elementen gebildet sind. Wenn ihre Grundmassen zersetzt werden, so verbinden sich ihre gleichartigen Elemente, und bilden so zwey magnetische Elementarflüssigkeiten, die Hr. Prevost rein nennt, im Gegensatze der gemischten Flüssigkeit, die vor der Zerlegung existirte.

Es ist eine Eigenschaft der Elemente der magnetischen Flüssigkeit, zweyerley Affinitäten unterworfen zu seyn; die eine äußert sich in der Entfernung, die andere bloß bey der Berührung. Vermöge der ersten ziehen sich die heterogenen Elemente, wenn die Anziehungen der homogenen gleich sind, stärker an, als die homogenen. Zu Folge der zweyten übt das Eisen eine Wahlanziehung gegen die Elemente beider Arten aus, eben so auch gegen ihre Aggregation; so bald man sie mit diesem Metall in Berührung bringt.

§. 1085. Das magnetische Fluidum ist in der Atmosphäre verbreitet, und dringt in das Innere der Erde.

Die Affinität ihrer heterogenen Grundmassen nöthigt sie, sich zu verbinden, überall wo sie frey sind. Die Flüssigkeit existirt daher bloß gemischt. Aber da, wo sie nicht ganz frey (gênées) sind, wie im Eisen, werden sie öfters zersetzt, und bilden reines Fluidum von beiden Arten.

§. 1086. Im natürlichen Zustande enthält das Eisen die magnetische Flüssigkeit nur gemischt. Das magnetisirte Eisen enthält zersetztes Fluidum, dessen Elemente, jedes besonders verdichtet, unter der Gestalt reiner Flüssigkeit, verschiedene Stellen einnehmen, die man Pole nennt.

§. 1087.

Erstes Phänomen.

Im natürlichen Zustande zeigt das Eisen keine magnetische Kraft.

Erklärung.

Da das Eisen seit langer Zeit die Quantität der magnetischen Flüssigkeit besitzt, welche es seiner Natur nach enthalten kann und das umgebende magnetische Fluidum frey ist; so können bey der Annäherung zweyer Stücke Eisen im natürlichen Zustande diese nicht wechselseitig einander afficiren. Denn wenn die Flüssigkeit des einen irgend eine Anziehung gegen das andere ausüben sollte, so müßte sie dieselbe ebenfalls auf die umgebende Flüssigkeit äußern, und es würde sich sogleich die letztere unter die Eisenstücke ergießen, oder sich von denselben entfernen, gerade in hinreichender Menge, um ihre Annäherung zu hindern.

§. 1088.

Zweytes Phänomen.

Wenn man Eisen einem Magnete *) nähert, so wird das Eisen nur in so ferne angezogen, als es selbst magnetisch wird.

Erklärung.

Wenn ein gemischtes Theilchen sich in gleichen Distanzen zwischen zwey gleichen Massen des magnetischen Fluidums befindet, wovon eine gemischtes, die andere reines Fluidum ist, so bleibt es unbeweglich. Denn die Anziehungen der homogenen und heterogenen Theile sind von beiden Seiten vollkommen gleich.

Eisen also, das im natürlichen Zustande ist, das heißt, bloß gemischte Theile des Fluidums enthält, wird von der reinen Flüssigkeit des einen Pols nicht afficirt, so lange die Grundmassen seines Fluidums nicht zersetzt werden, das heißt, so lange es selbst nicht magnetisch (§. 1086.) geworden ist.

§. 1089.

*) Hr. Prevost sieht hier den Magnet als einen einzigen Pol an, der mit reiner Flüssigkeit erfüllt ist. Man wird bald sehen, daß diese Abstraction ganz und gar nicht die Folgerungen abändere.

§. 1089.

Drittes Phänomen.

Zwey magnetisirte Stäbe ziehen sich an ihren ungleichnamigen Polen an, und stoßen sich an ihren gleichnamigen zurück.

Erklärung.

Das umgebende freye und bewegte Fluidum kann nicht zersetzt werden; die reine Flüssigkeit des magnetischen Stabes wirkt also nicht darauf (§. 1088.); solchergestalt erleidet das umgebende Fluidum weder eine Verdünnung noch eine Verdichtung. Diesemnach wirken die entgegengesetzten Pole der Stäbe allein auf einander.

Ein jeder von diesen Polen wird nach der Stelle hingezogen, die das meiste von der Flüssigkeit enthält, die der seinigen heterogen ist. Dieses bringt scheinbares Zurückstoßen in Ansehung der gleichnamigen Pole hervor: denn sie streben nach der äußern gemischten Flüssigkeit, die sich in der entgegengesetzten Gegend in gleicher Distanz befindet.

Man kann also jeden magnetischen Stab in Beziehung auf jeden Pol des andern Stabs als mit zwey Kräften versehen betrachten, einer anziehenden und einer zurückstoßenden Kraft. Jede dieser zwey Kräfte nimmt einen Mittelpunct von distincter Anziehung ein. Sie werden in gleichen Distanzen gleich seyn; aber sie befolgen (wie alle Kräfte dieser Art) ein umgekehrtes Verhältniß ihres Abstandes.

Jeder Pol eines magnetischen Stabes wird folglich an seinem Ende durch den Ueberschuß der Kraft wirken, die ihm die Entfernung seines Antagonisten verschafft. Dies ist hinreichend, um das Phänomen zu erklären.

§. 1090.

Viertes Phänomen.

Wenn man einen von den Polen eines Magnetes an das Ende eines Stabes von natürlichem Eisen bringt; so wird dieses Ende ein ungleichnamiger Pol, und das andere Ende ein gleichnamiger.

Erklärung.

Das reine Fluidum in der Nähe des gemischten strebt dieses zu zersetzen; denn ein jedes Theilchen der gemischten Flüssigkeit ist aus zwey Elementen zusammengesetzt, wovon das eine von dem reinen Fluidum mehr, das andere we-

weniger angezogen wird, als nach der entgegengesetzten Seite.

Allein diese Ursache der Zerlegung kann keine Wirkung auf die freye und bewegte Flüssigkeit haben. Sie muß in dem Eisen gebunden seyn, und die Verwandtschaft des letztern muß die Wirkung unterstützen. In diesen Umständen allein wird die Flüssigkeit zersetzt, und ihre Elemente geben ihren wechseitigen Verwandtschaften nach.

§. 1091.

Fünftes Phänomen.

Wenn man einen zu langen Stab magnetisirt, so entstehen darauf auf einander folgende Puncte, das heißt, Abwechslungen entgegengesetzter Pole.

Erklärung.

Der Wirkungskreis einer gewissen Masse der reinen Flüssigkeit ist begränzt. Wenn man also einen Pol an das Ende eines Stabes bringt, so wird sich die reine Flüssigkeit von einerley Art nur bis auf einen gewissen Punct erstrecken, sie bleibt also angehäuft, und wirkt auf die Theilchen, die jenseits dieser Grenze liegen, so wie es ein besonderer Pol thun würde.

§. 1092.

Sechstes Phänomen.

Wenn man die beiden Pole eines magnetischen Stabes von einander trennt, so werden die beiden getrennten Hälften des Stabes zwey Magnete, deren Pole wie vorher liegen.

Erklärung.

Die reine magnetische Flüssigkeit ist gegen die Enden des magnetisirten Stabes verdichtet, und ihre Schichten nehmen immer mehr und mehr ab, je mehr sie sich der Mitte des Stabes nähern, wo endlich die Flüssigkeit aus gemischten Theilchen ganz zusammengesetzt ist.

Zwey Ursachen halten sie in dieser gezwängten Lage: die Verwandtschaft des Eisens, die sie hindert, sich zu bewegen, und die wechselseitige Anziehung der beiden heterogenen Flüssigkeiten, die sich in jedem Pole rein befinden. Es entspringt aus der Wirkung dieser Ursachen eine Art von Gleichgewicht, und eine Vertheilung der Flüssigkeit, die sie beysammen zu halten fähig ist.

Wenn

Wenn man die beiden Pole von einander trennt, so bleibt zwar die Verwandtschaft des Eisens, aber man hebt die Anziehung der heterogenen reinen Flüssigkeit. Das Gleichgewicht wird also gestört, das reine Fluidum entfernt sich von allen Seiten, und wird durch das Umgebende ersetzt. Da die Schichten in jedem Pole ungleich sind, und gleiche oder zu wenig unterschiedene Quantitäten verlieren, um einen Ersatz nöthig zu machen, so dauert ihre vorige Ungleichheit fort, und äußert sich durch die Phänomene des Magnetismus.

Von dem Magnetismus der Erdkugel.

§. 1093.

Allgemeines Phänomen.

Die Magnetnadel behauptet eine beständige und eine solche Richtung, daß sie immer nach demselben Pole der Welt ein und dasselbe Ende kehrt.

Erklärung.

Ohne die Möglichkeit irgend einer andern Ursache auszuschließen, nimmt Hr. Prevost diejenige an, die seine Hypothese angiebt.

Wenn man alles das wegwirft, was den wahren Grundsätzen der Naturlehre entgegen ist, so lassen sich die bis jetzt erdachten Erklärungen auf die Voraussetzung eines großen innern Magnets zurückbringen. Aber auch selbst die bloße Annahme eines solchen Körpers, der sich frey bewegen soll, scheint wegen der innern Dichtigkeit der Erde unzulässig zu seyn.

Die Ursache, die die Hypothese des Hrn. Prevost angiebt, ist diese: Eins von den Elementen der magnetischen Flüssigkeit, befindet sich in einer größern Menge auf der einen Halbkugel, als auf der andern. Man sieht, daß diese Ursache hinreicht, und in so fern es hier übrigens gemischtes Fluidum giebt, ändert sie die andern Phänomene nicht. Aber man verlangt die Ursache von dieser Ursache zu wissen. Hr. Prevost glaubt dieselbe in derjenigen anzutreffen, die die Ungleichheit der Wärme der beiden Halbkugeln hervorbringt *). Es sey entweder, daß man die Sonne als die Quelle eines der magnetischen Elemente ansehe, oder daß die Sonne, indem sie auf die magnetischen Elemente ungleich wirkt, ihre ungleiche Anhäufung in den zweyen Halbkugeln hervorbringe; oder daß man endlich diese Voraussetzungen auf die gemischte Flüssigkeit anwendet, und eine Un-

gleich-

*) Sur la chaleur §§. 128. 141.

gleichheit in den Anziehungen ihrer Elemente zuläßt, die die übrigen Phänomene nicht merklich stören konnte.

§. 1094. Die Abweichung der Magnetnadel, wovon man noch nicht die Periode hat bestimmen können, die aber in einer langen Reihe von Jahren ihre Fortschritte und ihre Gränze hat, sollte sie von den Bewegungen abhängen, wodurch die Veränderung der Schiefe der Ecliptic, die Vorrückung der Nachtgleichen, das Schwanken der Erdaxe, und vielleicht noch einige andere Phänomene dieser Art hervorgebracht werden? Wenn es wahr wäre, daß der Magnetismus der Erdkugel von der oben (§. 1093.) angezeigten Ursache abhienge, so ist ausgemacht, daß gewisse Bewegungen der Axe ihn afficiren müßten.

§. 1095. Die tägliche Abweichung (die ausgemacht ist) läßt sich nicht aus der Wirkung der Sonne auf einen innern Magnet, auch nicht aus der Wirkung auf die Eisenerze erklären. Denn die Sonnenwärme von zwölf oder funfzehn Stunden dringt keineswegs in eine hinreichende Tiefe ein, um den Magnetismus dieses vermeinten innern Magnets, oder jene Eisenerze zu modificiren. Es wäre aber nicht unbegreiflich, daß sie den Zustand der magnetischen Flüssigkeit in der Atmosphäre, oder in der äusserste Oberfläche det Erde abänderte *).

* * *

§. 1096. Unter so vielen von berühmten Männern zur Erklärung des Magnetismus ausgedachten Hypothesen, glaubt Hr. Prevost bloß die des Hrn. Aepinus in Betrachtung ziehen zu müssen.

Die Hypothese dieses Naturforschers und die seinige unterscheiden sich wesentlich von einander; denn er nimmt bloß eine Flüssigkeit an, Hr. Prevost aber zwey. Doch kann die eine als das Bild der andern angesehen werden, in so ferne man nicht voraussetzt, daß das Fluidum aus dem Eisen heraus, oder in dasselbe hinein gehe. Aber so bald man genöthigt ist, zu dieser Voraussetzung zurückzukommen (§. 1029.), so wird die Hypothese des Hrn. Aepinus unzulänglich

*) Die neuern Beobachtungen des Hrn. Cassini beweisen, daß die tägliche Abweichung in tiefen Kellern minder merklich ist, als an der Oberfläche der Erde. Eben dieser Naturforscher hat eine jährliche, sehr beständige, periodische Abweichung entdeckt. Ferner erhellet aus seinen Bemerkungen, daß die Abweichung, deren längste Periode noch nicht bestimmt ist, einen beständigern Gang befolgt, als man bis jetzt aus den ältern Beobachtungen schließen konnte. (*Journ. de Phys. Avril et Mai* 1792.) A. d. O.

lich und mangelhaft, und kann die seinige nicht mehr ersetzen. Denn nun wird das auffallendste Phänomen nach dieser Hypothese unerklärbar, wie das der Anziehungen und Zurückstoßungen (§. 1089.). Setzt man bloß eine um das magnetische Eisen verbreitete Flüssigkeit voraus, so bekommt man denselben Erfolg, der beym Eisen im natürlichen Zustande stattfindet (§. 1092.). Indem sich die Flüssigkeit um die Pole präcipitirt, oder von ihnen sich plötzlich entfernt, verhindert sie jede bemerkbare Einwirkung des Magnets auf das Eisen, oder was einerley ist, des magnetischen Stabes auf den, welcher im natürlichen Zustande ist.

§. 1097. Dasselbe würde stattfinden, wenn die zwey Flüssigkeiten bloß gemengt, nicht aber gemischt wären. Eben diese Vermischung ihrer Theilchen macht sie unbeweglich bey dem Pole eines Magnets (§. 1088.). Und von diesem Umstande allein hängen alle die beschriebenen Wirkungen ab. Wenn man darthun könnte, daß ein gemischtes Theilchen durch die Gegenwart eines Theilchens der reinen Flüssigkeit bemerkbar afficirt würde, so würde freylich das ganze Gebäude in seiner Grundlage erschüttert werden.

* * *

Außer den bisher in der Lehre vom Magnetismus angezeigten Schriften gehören noch zu den merkwürdigsten darüber:

Petri van Muschenbroek dissert. physica experimentalis de magnete; in seinen *diss. phys. et geom.* S. 1. ff.

Leon. Euleri opusculor. T. III. continens novam theoriam magnetis. Berol. 1751. 4.

Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi, auctore *F. V. T. Aepino.* Petropol. (1759.) 4.

Hrn. Anton Brugmanns Beobachtungen über die Verwandtschaften des Magnets. a. d. Lat. von C. G. Eschenbach. Leipz. 1781. 8.

Theoretische und practische Abhandlung der Lehre vom Magnete mit eignen Versuchen, von Tiberius Cavallo. A. d. Engl. Leipz. 1788. 8.

Neun-

Neunter Abschnitt.

Nähere Betrachtung unserer Erde und der Atmosphäre.

§. 1098.

Wir haben nun noch unsern Erdkörper, den wir bewohnen, und die Atmosphäre, die ihn umgiebt, mit den in derselben vorgehenden Erscheinungen, näher zu betrachten. Die Bestimmung der Gestalt, Größe, und der Verhältnisse und Beziehungen unseres Erdballs gegen andere Weltkörper unseres Sonnensystems überlassen wir der Astronomie. Wir betrachten hier 1) das feste Land, a) nach seiner äußern Beschaffenheit, b) nach seiner innern Construction, so weit wir sie durch Beobachtungen über die Gebürge, und durch bergmännische Erfahrungen kennen; 2) das Meer, und die Gewässer des festen Landes; 3) die Atmosphäre, mit ihren mannigfaltigen Materien.

Festes Land.

§. 1099. Den größten Theil unserer Erdkugel bedeckt das Meer. Das feste Land, das gewissermaßen als zwey große und als eine Menge kleinerer Inseln daraus hervorragt, ist auf seiner Oberfläche ziemlich unregelmäßig gebildet, und man darf nur hie und da einen flüchtigen Blick auf das übrige feste Land und den Lauf der darauf befindlichen Flüsse werfen, um zu finden, daß es sich vom Meere nach dem Innern hin mit sehr verschiedenen Abwechselungen von kleinen und größern Erhöhungen

und in sehr verschiedenen Verhältnissen erhebt, welche die Hügel, Anhöhen, einzelne Berge, und zusammenhängende Gebirge, Bergreihen und Bergketten bilden, zwischen denen Vertiefungen von verschiedener Größe und Gestalt, Schluchten und Thäler entstehen.

§. 1100. Die Seeküsten sind gewöhnlich die niedrigsten Theile des festen Landes, und im Allgemeinen pflegt der mittlere Theil desselben der höchste zu seyn. Solche Stellen werden überhaupt Landhöhen, oder wenn sie sich in weite Flächen ausdehnen, Plattformen, und wenn sie sich weit fort erstrecken, Landrücken oder Bergrücken genannt. Die großen Bergketten des festen Landes scheinen fast durchgängig zusammenzuhängen, und selbst die Inseln des Meeres können als die Gipfel der unter dem Meere liegenden Gebirgsketten angesehen werden. Die Hauptgebirgsketten selbst bestehen zur Seite gemeiniglich aus kleinern Reihen von Gebirgen. Eine allgemeine oder regelmäßige Anordnung in der Richtung dieser Bergketten, darf man aber wol nicht in dem allgemeinen Plane der Natur suchen.

§. 1101. Der Lauf der Flüsse zeigt an, welche Gegend des festen Landes höher ist, als eine andere. Unter der Höhe eines Berges über einen andern Ort, versteht man die Perpendicularlinie, welche von der Spitze des Berges bis zu der Horizontalfläche des Orts gezogen wird, und gemeiniglich giebt man diese Höhe über der Meeresfläche an. Man findet sie entweder durch geometrische Ausmessung, oder durch Wasserwägen, oder durch das Barometer. Vermittelst des letztern bestimmt man auch die

Höhe

Höhe einer Gegend oder eines Orts überhaupt über der Meeresfläche.

Von den merkwürdigsten Gebirgen und ihrem Laufe.

Torbern Bergmann physikalische Beschreibung der Erdkugel, a. d. Schwed. von Röhl, Greifsw. 1780. 4. G. S. *Pallas* Observations sur la formation des montagnes, à St. Petersbourg. 1777. 4., übers. in den Sammlungen zur Phys. und Naturgesch. B. I. S. 131. ff.

Von den durch Messungen gefundenen Höhen der vornehmsten Berge und Oerter.

Pasumot, im *Journ. de Phys.* T. XXIII. S. 193. ff. Gehlers phys. Wörterb. Th. I. S. 302. *Sennebier*, im *Journ. de Phys.* T. XXVIII. S. 457. *van Swinden* positiones physic. T. II. S. 236. ff.

§. 1102. Im Ganzen genommen kömmt die Höhe der Berge gegen die Dicke der Erdkugel in fast gar keinen Betracht, und sie nebst den Thälern benehmen ihr also ihre Kugelgestalt bey weitem nicht, wenn wir uns die Erde im Ganzen vorstellen. Die Gebirge selbst haben eine beträchtliche Menge Klippen und schroffer Felsen, aber die mehresten und beträchtlichsten steigen doch sanft an, und sind an ihrem weit ausgebreiteten Fuße, und an ihrem Abhange, so wie die Landhöhen, mit der zum Wachsthum der Pflanzen bestimmten Dammerde bedeckt. Nur die höchsten ausgenommen, sind die mäßigen Gebirge und Bergketten mit Waldungen gezieret. Hie und da finden sich Landebenen mit vielem Sande bedeckt.

§. 1103. Aus der äußern Oberfläche der Berge oder Gebirge lassen sich keine sichern Merkmale über ihre Natur und ihr Inneres schließen, und die ehemalige Eintheilung der Gebirge in hohe, Mittelgebirge und Vorgebirge, ist daher völlig überflüssig. Es kommt vielmehr alles auf die innere

Construction an, die, so weit wir sie durch bergmännische Erfahrungen kennen, von mannigfaltigem Unterschiede ist.

§. 1104. Erst die neuern Naturforscher haben diesen Unterschied der innern Beschaffenheit der Gebirge genauer zu bestimmen gesucht, und sind auf die dabey vorgefundenen wichtigen Documente zur Geschichte der Entstehung der Berge und unseres festen Landes aufmerksamer gewesen. Das Innere der Gebirge liefert uns offenbare Spuren ihres verschiedenen Alters, und wenn diese gleich noch nicht zu einer allgemein befriedigenden Vorstellung der Geologie hinreichen, so lassen sie sich doch zu besondern cosmologischen Folgerungen allerdings nützen.

Pallas oben (§. 1101.) angeführte Schrift. *J. A. de Luc* Lettres physiques et morales sur l' histoire de la terre et de l' homme. à la Haye. 1779. T. I. — V. gr. 8. J. A. de Luc physik. u. moral. Briefe über die Gesch. der Erde und des Menschen. B. I. II. Leipz. 1781. 8. Mineralogische Geographie der chursächsischen Lande, von J. Fr. W. Charpentier. Leipz. 1778. 4. Briefe über die Gebirgslehre von J. C. W. Voigt. Weimar 1786. 8. Saussure's Reisen durch die Alpen (s. oben S. 17.). Erfahrungen vom Innern der Gebirge, nach Beobachtungen gesammlet, von *Friedr. Wilh. Heinr. von Trebra.* Dessau u. Leipz. 1785. Fol. Kurze Classification und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten, von A. G. Werner. Dresden 1787. 4. De Luc's Briefe an de la Metherie; im Journ. der Phys. (werden fortgesetzt).

§. 1105. Diesen neuern Beobachtungen scheint es am gemäßesten zu seyn, vier Hauptclassen der Gebirge festzusetzen, die unverkennbar in verschiedenen Epochen entstanden sind. Die erste Classe machen die uranfänglichen Gebirge. Diese sind es, welche von den ansehnlichsten Bergketten der Erdfläche den Körper selbst ausmachen, die höchsten Ge-

birgsketten bilden, in der Tiefe zusammengehen, und wahrscheinlich auch das Innerste unserer Erde, oder, wenn wir lieber wollen, eine um die ganze Erde gehende feste Schaale bilden, auf der das Meer und die übrigen Gebirgsarten sämmtlich aufliegen. In einem und eben demselben Stücke uranfänglichen Gebirges wechseln höchst selten Lager verschiedener Bergarten mit einander ab, sondern das Ganze besteht gewöhnlich nur aus einer einzigen Art. Sie führen daher auch häufig den Namen der einfachen Gebirge, welches aber zu Verwechselungen Anlaß geben kann. Es finden sich in ihnen keine Versteinerungen und keine Seeproducte. Die vornehmsten und häufigsten Gebirgsarten dieser Classe sind Granit, Gneuß, Sienit, Glimmerschiefer, Hornblendschiefer, Thonschiefer, Porphyr, Porphyrschiefer, Trapp, Mandelstein, Serpentinstein.

§. 1106. Meistens sind diese Gesteinarten in regelmäßige Lager abgetheilt, deren Dicke, Streichen und Fallen aber sehr verschieden ist. Die leeren Ritze, welche eigentlich die Lager bilden helfen, heißen Flötzklüfte. Außerdem aber finden sich auch andere solche Ritze und Spaltungen, welche jene und die Lager selbst durchschneiden, die Gangklüfte, welche, wenn sie mit andern Fossilien, als die Gebirgslager sind, angefüllt sind, Gänge heißen; das, was sie ausfüllt, heißt die Gangart. Die Fossilien, welche die Gränzen zwischen dieser Gangart und den Gebirgslagern ausfüllen, heißen die Saalbänder.

Neue Theorie von der Entstehung der Gänge, von Abr. Gottl. Werner. Freiberg 1791. 8.

§. 1107. Die Gänge selbst (§. 1106.) sind theils erzführende oder fündige Gänge; theils nicht, oder taube Gänge. Jene enthalten alle Arten von Metallen und deren Erzen. Vorzüglich eigen sind ihnen Gold-, Silber-, Kupfer-, Bley- und Zinkerz. Außerdem aber sind sie an vielen Stein- und Erdarten reich, als: Quarz, Kalkspath, Schwerspath, Jaspis, Flußspath, Feldspath, Glimmer, Hornblende, u. s. w. Diese machen auch die Bestandtheile der tauben Gänge, mehr oder weniger mit einander gemengt, aus.

§. 1108. Diese Gänge eines und eben desselben uranfänglichen Gebirges laufen nichts weniger, als parallel mit einander. Gewöhnlich haben innerhalb einem Bezirk von einer Quadratmeile selbst die Hauptgänge eines und eben desselben Reviers ein ganz verschiedenes Streichen, und nicht weniger pflegt das Fallen derselben in Beziehung auf einander häufig abzuwechseln. Selten sind zwey oder mehrere Gänge, die in kurzen Entfernungen im Streichen sehr von einander abweichen, gleich edel.

Daß die Hauptgänge eines Reviers mit den nächsten Flüssen, Bächen, Thälern, und Schluchten gleichlaufend streichen, haben einige aus einzelnen Erfahrungen zu übereilt aufs Ganze angewendet.

§. 1109. Außer den Gängen finden sich auch noch andere erzführende Lagerstätte in den uranfänglichen Gebirgen; welche Gebirge auch da, wo sie mit den Gängen durchschnitten sind, von einigen Ganggebirge genannt, und als eine eigene Classe unterschieden werden. Jene erzführende Lagerstätte sind gewisse Schichten, die mit den Lagern der eigent-

zentlichen Gebirgsart parallel laufen, aber mit andern Fossilien und vorzüglich mit allerley Erzen angefüllt sind; daher sie vorzugsweise Erzlager heißen. Ist hingegen ein ganzer Erzklumpen in der Gebirgsart selbst zerstreuet, daß man keine Regelmäßigkeit darin wahrnehmen kann, so wird es ein Stockwerk genannt. Dergleichen Stockwerke sind nur dem Granit hauptsächlich eigen, und auf edle Metalle ist nicht sehr darin zu rechnen.

§. 1110. Die zweyte Hauptclasse (§. 1105.) der Gebirge machen die Flötzgebirge aus. Sie tragen unverkennbare Spuren einer spätern Entstehung, und weichen in ihrer Construction sehr merklich von den uranfänglichen ab. Sie bestehen aus Schichten oder Lagern, die an sich selbst einzeln mehrentheils aus einer gleichförmigen Materie bestehen, und selten mit andern Fossilien gemengt, unter einander aber aus Lagern von verschiedener Materie zusammengesetzt sind. Jedes Lager an und für sich heißt ein Flötz; im Ganzen aber müssen alle die, welche Flötzgebirge bilden, unter einander gleichlaufend seyn.

§. 1111. Wo die Flötzgebirge mit den uranfänglichen Gebirgen zusammenlaufen, da werden diese jederzeit von jenen bedeckt, und nie findet man es umgekehrt. Die Flötzgebirge sind also offenbar neuerer Erzeugung, als die erstere Classe. Ihre Form, und insbesondere die so häufig darin vorkommenden versteinerten Seeproducte, setzen es außer allen Zweifel, daß sie auf nassem Wege, als Bodensätze aus dem Wasser, aber wahrscheinlich vielleicht in verschiedenen Perioden, gebildet sind, da die verschie-

schiedenen einzelnen Flötze keinesweges nach ihrem verschiedenen eigenthümlichen Gewichte geordnet und gelagert sind.

§. 1112. Die einzelnen Flötze der Flötzgebirge (§. 1110.) sind am häufigsten **dichter Kalkstein, Stinkstein, Mergel, Sandstein, Grauwacke, Schieferthon, Steinkohlen, Kreide** mit innliegendem **Feuerstein, Steinsalz, Gyps, Eisenthon, bituminöser Mergelschiefer**. Außer letztern finden sich in **metallischen Flötzen** besonders **Galmey, Bleyglanz, Erdkobalt**, und **Braunstein**. Unter allen diesen pflegt immer eines das **Hauptflötz** zu seyn, und die übrigen in Ansehung ihrer Mächtigkeit, oder auch des Erstreckens, (oder des Werthes,) unbeträchtlicher.

In verschiedenen Gegenden ist eine Flötzart ein sicheres Merkmal, daß das metallführende Flötz seine Endschaft erreicht habe, wie z. B. das **Todte Liegende** im Mansfeldischen und Thüringischen.

§. 1113. In den Flötzgebirgen finden sich auch **Gänge** und **Gangklüfte** (§. 1107.), die sich hinlänglich durch ihr allgemeines Kennzeichen unterscheiden, nach welchem sie die Gebirgslager, also in diesem Falle die Flötze, durchschneiden. Die **Rücken** und **Wechsel**, welche oft ein großes Hinderniß beym Flötzbau abgeben, sind, einiger dagegen gemachten Einwendungen ungeachtet, in den mehresten Fällen, in der That wahre Gänge.

§. 1114. Die **Versteinerungen** und **Abdrücke**, die wir in und zwischen den Lagern dieser Flötzgebirge antreffen, rühren zwar größtentheils von Seeproducten her, seltener enthalten sie aber auch,

be-

besonders die flachliegenden, solche von Landthieren und Abdrücke von Pflanzen. Höchst merkwürdig ist es, daß man in den Flötzen der nördlichen Länder viele Producte der südlichen Länder antrifft; in denen der südlichen Gegenden aber nie solche, die bloß den nördlichen Ländern allein zukämen. Unter allen Versteinerungen machen die Schaalen der Schaalthiere bey weitem den größten Theil aus, und sind fast allenthalben auf der Erde in den Flötzen, besonders den Kalkflötzen, zerstreut. Oft machen sie ganze Schichten und Bänke aus. Abdrücke und Versteinerungen von Fischen trifft man ebenfalls häufig an, im Kalkstein, oder bituminösen Mergelschiefer, wie z. B. in unserer Nachbarschaft im Mansfeldischen. Zu einigen Versteinerungen hat man die Originale bis jetzt noch nicht angetroffen, wie z. B. die Ammonshörner, Belemniten. Von manchen sind die Originale äußerst selten, und doch die Versteinerungen außerordentlich häufig, wie die Terebratuliten. Manche werden in ungeheurer Größe gefunden, da die Originalien, welche wir davon kennen, ungemein viel kleiner sind. Daß diese Versteinerungen bloße Spiele der Natur wären, wie einige vorgegeben haben, wird der nimmer glauben, der sich näher mit ihnen beschäfftigt hat, und der, wenn er auch gleich die Sammlung derselben nicht bis zur Spielerey treibt, und noch weniger die Kenntniß derselben als einen Hauptzweck der Mineralogie ansieht, doch sie als Urkunden und Denkmäler zum Unterrichte über die Veränderung der Erdfläche nützt und schätzt.

§. 1115.

§. 1115. Die dritte Hauptclasse der Gebirge (§. 1105.), die aufgeschwemmten Gebirge, kommen in so fern mit den Flözgebirgen überein, daß sie ebenfalls Spuren einer neuern Erzeugung an sich tragen, und unleugbar auf nassem Wege entstanden sind. Ihre Lage und Construction, und ihre Materie zeigt aber unleugbar, daß sie noch spätern Ursprunges, als die Flözgebirge sind. Sie sind fast ganz aus Theilen uranfänglicher und der Flözgebirge zusammengesetzt, die in Lagern von verschiedener Dicke über einander liegen.

§. 1116. Man unterscheidet mit Recht zwey Hauptordnungen dieser aufgeschwemmten Gebirge (§. 1115.), nemlich plattes Land- und Seifengebirge. Jenes ist entweder ganz eben, oder sehr sanft und fast unmerklich ansteigend, und nur hie und da mit kleinen Hügeln besetzt. Es ist auf der Oberfläche fast überall mit Dammerde, die offenbar organischen Ursprungs ist, und auch den Pflanzen selbst zur Nahrung dient, mit Lehm und Sand bedeckt, deren Schichten auch wol mit einander abzuwechseln pflegen. Wenn man den Torf noch zu den mineralischen Producten rechnen will, so ist er den aufgeschwemmten Gebirgen eigen. Die einzige in diesen Gebirgen bekannte Metallart ist Raseneisenstein. Die aufgeschwemmten Gebirge enthalten wenige Seeproducte, dagegen aber oft eine grosse Menge versteinertes Holz, Abdrücke von Pflanzen, Knochen von Landthieren, ganze Baumstämme, gewöhnlich als braune Kohlen, an denen oft noch Rinde und Jahrgänge zu bemerken sind. Höchst merkwürdig ist es, daß auch hier Producte von südlichen Landthieren in nördlichen Gegenden angetroffen werden, wo die Origi-

nale

ale selbst wol niemals sich haben aufhalten können; wie die unbeschreibliche Menge der Elephanten-, Nashorn-, und Büffelknochen an der Westseite der uralischen Gebirge, und das gegrabene Elfenbein in Sibirien und in Nordamerica beweist.

§. 1117. Die Seifengebirge (§. 1116.) enthalten lauter Geschiebe von Granit, Quarz und dergleichen Steinarten, die zuweilen mit Thon und ehm verbunden, zuweilen in abgesonderten Lagen ngetroffen werden. Vorzüglich findet sich diese weyte Art der aufgeschwemmten Gebirge in den tiefen und weiten Thälern der höhern uranfänglichen Gebirge. Daher treffen wir auch in den mehresten lose Erzeugnisse der letztern an. Dergleichen sind Edelgesteine, Granitgeschiebe, mit eingemengtem Zinnstein, Eisensteingeschiebe, und Goldsand.

§. 1118. Die vierte und letzte Hauptclasse §. 1105.) machen die vulcanischen Gebirge aus. Wir finden hin und wieder feuerspeyende Berge der Vulcane, deren Ausbrüche noch dauren, und ie von Zeit zu Zeit, oft eine ungemein große Menge glühender und calcinirter Steine, und geschmolzener und fließender Lava mit einem ungeheuren Wirbel von Rauch, Dampf und Flamme, oft bis zu einer ansehnlichen Höhe, aus ihren Schlünden oder Cratern ausstoßen. Ihre fürchterlich große Wirkung und ihr Anblick übertrifft nach dem Zeugniß er Beobachter alle Vorstellung, die man sich davon machen kann; und ihre verheerende Kraft erstreckt sich nicht selten Meilenweit.

Histoire et phénomenes du Vesuve, exposées par le P. *de la Torre*, à Naples, 1776. 8. deutsch von Lenting Altenb. 1783 8. Des Ritter Hamilton Campi phlegraei, or observations on the vulcanos of the two Sicilies.

Siciles. Napoli. Vol. I. II. 1776. fol. *Aless. Catan.* lettere critica filosofica su della vesuviana eruzzione accaduta nell'anno 1767. Catania, 1768. 4. Umständliche Beschreibung des letztern Ausbruchs des Vesuvs im J. 1779, von Hrn. Duchanoy; aus dem *Journ. de Phys.* von 1780. übers. in den Samml. zur Phys. u. Naturgesch. B. II. S. 541. ff. Wunder der feuerspeyenden Berge, in Briefen an einen Freund, von Friedr. Knoll. Erfurt 1784. 8.

§. 1119. Man sieht leicht ein, daß sich bey dem Ausbruch eines solchen heftigen vulcanischen Feuers, theils durch die ausfließende und sich herum aufthürmende Lava und die ausgeworfenen Steine, theils durch die dadurch entstehende Zerstörung und Zerrüttung des Innern eines Berges, und die etwa nach dem Ausbrennen erfolgende Zusammenstürzung seiner Schlünde, beträchtliche, und nach der Größe und Dauer einiger jetzt noch brennenden Vulcane zu urtheilen, sich weit erstreckende Veränderungen in der innern Construction des Berges zutragen müssen. So treffen wir auch wirklich in mehrern Gegenden solche ausgebrannte Vulcane, und durch ihre Ausbrüche veränderte Gebirgsarten an. Diese **vulcanischen Gebirge** machen aber seltener zusammenhängende Gebirge aus, und es ist ihnen vielmehr beynahe characteristisch, in freystehenden Bergen vorzukommen, deren Gipfel gewöhnlich nach innen zu eingesunken sind, und die Spuren ihrer Crater zeigen. Zusammengefallene Vulcane enthalten oft in dieser Gränze ihres Einsturzes kleine Seen. Indessen hat man in der That aus der äußern Form oft zu viel und zu voreilig geschlossen, und da vulcanische Gebirge angetroffen, wo nachherige genauere geognostische Untersuchungen nichts weniger als dergleichen entdecken konnten.

Sir

Sir Will. Hamilton's Beobachtungen über den Vesuv, den Aetna, und über alle Vulkane überhaupt. a. d. Engl. Berlin 1773. 8. J. J. Ferbers Briefe aus Welschland, Prag 1773. 8. De Luc Briefe über die Gesch. der Erde, Th. I. Br. 82. Th. II. Br. 92. u. ff. Recherches sur les vulcans eteints du Vivaray et du Velay, par *Faujas de St. Fond*, à Paris 1775. fol. im Auszuge nach *de la Lande* übers. in den Samml. zur Phys. u. Naturgeschichte, B. II. S. 72. ff. Collini Tagebuch einer Reise, a. d. Franz. von Schröter, Mannheim, 1777. 8. Desselben Betrachtungen über die vulcanischen Gebürge, a. d. Franz. Dresd 1783. 4. Dolomieu Reise nach den liparischen Inseln; a. d. Fr. vom Leg. R. Lichtenberg, Leipz. 1783. 8. D. C. W. Nose orographische Briefe über das Siebengebürge am Niederrhein, I. II. Th. Frankfurt 1789. 1790. 4. Ebendesselben Beyträge zu den Vorstellungsarten über vulcanische Gegenstände, Frankf. 1792. 8.

§. 1120. Wenn man gleich dem Innern der vulcanischen Gebirge nicht alle Eintheilung oder Absonderung in Lagen und Schichten absprechen kann, so ist doch die Ordnung der darin vorkommenden Steinarten weit unregelmäßiger, als jede der übrigen. Lava, Bimsstein, und vulcanischer Traß, die wir in ihnen finden, sind ohne Widerspruch Fossilien, welche den vulcanischen Ausbrüchen ihren Ursprung zu verdanken haben. Bey dem Basalte hingegen, der oft in ziemlich regelmäßigen gegliederten, oft freystehenden Säulen vorkömmt, wie der irländische Riesenweg u. d. gl. zeigt, sind die Meinungen noch getheilt, ob er wirklich vulcanischen Ursprungs sey oder nicht; allein ich bin nach den von Hrn. Werner, Karsten, Widemann beygebrachten Gründen geneigt, ihn zu den ältern Flötzgebirgen zu rechnen, und seine Bildung, wie die aller Flötzgebirgsarten, dem nassen Wege, und nicht dem Feuer, zuzuschreiben.

Bergmann de productis vulcaniis, in seinen *opusc. phys. chem. Vol. III*, S. 200. Gedanken über die Bildung des

Basalts und die vormalige Beschaffenheit der Gebirge in Deutschland, von *A. F. v. Veltheim*, Braunschw. 1789. 8. Ferbers, Faujas de St. Fond, de Luc's, Dolomieu's vorher (§. 1119.) angeführte Schriften. Voigt, in Höpfners Magaz. B. IV. S. 214.

Werners oben (§. 1104.) angef. Schrift., ferner im bergmännischen Journale 1788. S. 513. und 1789. S. 345. 485.; Karsten, ebendas. 1788. S. 345. J. L. von Lehmann, der Basalt chemisch und physisch beurtheilt, Frankf. 1789. 8. Widemann, in Höpfners Magaz. B. IV. S. 137.

§. 1121. Das Alter dieser vulcanischen Gebirge ist wol sehr verschieden, und fällt theils zwischen dem der Flötz- und aufgeschwemmten Gebirge, theils mit den letztern zusammen. Man findet hin und wieder, daß die Vulcane theils beide, theils nur eines dieser Hauptgebirgsarten durchbrochen und überschüttet haben; noch aber hat man keine zuverlässige Beobachtungen darüber, daß sie unter und innerhalb den uranfänglichen Gebirgen selbst vorkommen. Zu den ältesten Vulcanen müssen ohne Zweifel diejenigen gerechnet werden, die man schon mit Kalkschichten und calcinirten Conchylien bedeckt findet, deren Lagerung also erst in nachherigen Revolutionen der Erde geschahe.

§. 1122. Die Ursach des Feuers und der Ausbrüche der Vulcane ist wol nicht tief im Innersten der Erde zu suchen, noch von einem sogenannten, aber nicht durch hinlängliche Gründe erwiesenen Centralfeuer mitten in der Erde abzuleiten. Auch von der Electricität hat man sie sogar ableiten wollen, die doch gewiß nur Wirkung, nicht Ursach dabey ist. Die überaus große Menge entzündlicher Mineralien, Schwefelkieß, Schwefel, Steinkohlen, bituminöser Mergelschiefer, Alaunschiefer und ande-

re brennbare Mineralien liefern ohne Zweifel den Stoff, und unterirdische Höhlen, Schlünde und Abgründe, die mit der äußern Luft Gemeinschaft haben, Gemeinschaft dieser Schlünde unter einander selbst, weite Verbreitung der Lager und Schichten entzündlicher Mineralien, selbst bis unter den Meeresboden, das Eindringen des Wassers zu diesen Höhlen, die Verwandlung desselben in der Glühehitze in dephlogistisirte Luft, worin alles mit reißender Heftigkeit verbrennt, die Erhitzung der Schwefelkieße mit Wasser, alles dies läßt sich auf die Vulcane anwenden, und daraus ein wahrscheinlicher Schluß auf ihren Ausbruch, die Stärke, Dauer und Größe desselbigen hernehmen.

§. 1123. Aehnliche Ursachen bringen auch die so fürchterlichen Erderschütterungen und Erdbeben hervor, die überhaupt mit den vulcanischen Ausbrüchen genau zusammenhängen, und in der Nachbarschaft von Vulcanen am häufigsten vorkommen. Die Erschütterungen selbst äußern sich nicht auf einerley Art, und erstrecken sich in verschiedene Weiten, kommen seltener oder häufiger in einem gewissen Striche vor, je nachdem die wirkenden Ursachen selbst beschaffen sind.

Sam. Christ. Hollmann de terrae motibus, inprimis nupero ulyssiponensi; in seiner *Sylloge commentation.* S. 1. ff.

Sir Will. Hamilton Nachricht von den letzten Erdbeben in Calabrien und Sicilien; a. d. Engl. von G. F. Wehrs, Hannover 1784. 4. Neue und ausführliche Nachricht von den — in Messina und Calabrien sich ereigneten schrecklichen Erdbeben, Berlin 1783. 8. Abhandlung über das Erdbeben in Calabrien im Jahr 1783., a. d. Fr. von Deodat de Dolomieu, Leipz. 1789. 8. Physikal. Gedanken von Erdbeben und deren Fort-

pflanzung unter der Erde, von D. Joh. Gottl. Lehmann, Berl. 1787. 8. Gehlers phys. Wörterb. Th. II. S. 1. ff.

§. 1124. Die unterirdischen Höhlen, die man hin und wieder, besonders in Kalkgebirgen, antrifft, und wovon mehrere wegen ihrer Größe oder ihrer Bildung sehr merkwürdig sind, hat man ebenfalls gewaltsamen vulcanischen Erhebungen und Spaltungen der Gebirgslager zugeschrieben. Es ist aber weit wahrscheinlicher, daß sie vielmehr durch das Einsinken und Nachgeben der untern Schichten während oder nach der Erhärtung der darüber liegenden Schichten entstanden sind.

Bergmanns physikal. Beschreibung der Erdkugel, Th. 1. 2 Abth. Cap. 7.

§. 1125. Von der eigentlichen innern Beschaffenheit der Erde wissen wir aus gänzlichem Mangel an Beobachtungen gar nichts, und können also nicht bestimmen, ob die uranfänglichen Gebirge auch durch die Erde ganz hindurchsetzen, und ihr Innerstes ausmachen, oder nicht.

Meer.

§. 1126. Die größten und tiefsten Thäler der Erdrinde sind mit dem Wasser des Weltmeeres bedeckt, dessen Boden dem trockenen Lande darin ähnlich ist, daß Thäler, Hügel, Felsen und Berge mit einander abwechseln, wie die daraus hervorragenden Klippen und Inseln, die verschiedenen Untiefen und die Meerbusen beweisen. Die Ungleichheit des Meeresbodens richtet sich gewöhnlich nach der Ungleichheit der Küsten, doch machen die Inseln häu-

fig

sig Ausnahmen. Die Tiefe des Meeres ist verschieden. Nach der Linie zu ist sie grösser. Die größte Tiefe desselben kennt man noch nicht.

§. 1127. Das Meerwasser hat einen salzigen bittern Geschmack, und die chemische Zergliederung desselbigen zeigt, daß es, außer mehr oder weniger schleimigten und erdigten Theilen, Kochsalz und salzsaure Bittersalzerde und Kalkerde oder Salzasche enthält. Diese ist auch der Grund von der Bitterkeit desselben, die man sonst fälschlich vom Erdharz oder Bergfett herleitete. An manchen Küsten wendet man auch das Meerwasser wirklich zur Bereitung des Kochsalzes an, und das gehörig gereinigte Meer- oder Boysalz unterscheidet sich von anderm reinen Kochsalze ganz und gar nicht. Das Meerwasser ist aber nicht allenthalben gleich stark gesalzen. Nach der Linie zu und in der Tiefe pflegt es mehr Salz zu enthalten, als nach den Polen zu und obenauf. In der Nachbarschaft großer einfallender Flüsse ist es auch nicht so stark gesalzen, als in der Mitte. Auf die Salzigkeit des Meeres an der Oberfläche hat natürlicherweise die Witterung Einfluß. Woher das Meer sein Salz erhalten habe, scheint mir eine eben so unerhebliche Frage zu seyn, als woher das Steinsalz und die Salzquellen des festen Landes rühren? Durchs Gefrieren wird, wie aus allen Salzauflösungen, das Wasser vom Salze geschieden, und aufgethautes Eis des Meerwassers ist daher trinkbar. Die Farbe des Meerwassers rührt theils von den darin schwimmenden oder aufgelösten Theilen, theils von dem Boden des Meeres her. Verschiedene darin wachsende Seekräuter können auch manchmal eine Farbe hervorbringen.

Torb. Bergmann de aqua pelagica; in seinen opusc. phys. chemic. T. I. S. 179. ff.

§. 1128. Das Wasser des großen Weltmeeres ist einer ziemlich regelmäßigen Bewegung unterworfen, so daß es in Zeit von etwa 24⅘ Stunden gewöhnlich sich zweymal an den Ufern erhebt, und zweymal wieder sinkt und davon abfließt. Man nennt diese Bewegung des Meeres Ebbe und Fluth (aestus maris, affluxus et refluxus maris). Der Zufluß und das Steigen des Wassers heißt die Fluth (fluxus), der höchste Stand desselbigen die hohe Fluth, die hohe oder volle See, welche dann binnen sechs Stunden wieder abläuft und dadurch die Ebbe (refluxus) macht. Der niedrigste Stand hierbey heißt die tiefe See, auf welche dann wieder die Fluth eintritt. Diese Abwechselung geschiehet regelmäßig so, daß die hohe Fluth am folgenden Tage um 49 Minuten später kömmt, als am zunächst vorhergehenden; oder die Zeit zwischen zwey nächsten hohen Fluthen beträgt 12 Stunden 24½ Minuten; daß also nach 30 Tagen ohngefähr die Ebbe und Fluth wieder um dieselbige Zeit eintritt.

§. 1129. Die Erfahrung lehrt ferner, daß die Ebbe und Fluth in einem Monat, zur Zeit des Voll- und Neumondes, oder etwa 1½ Tage nachher, stärker, und eben so auch zur Zeit des ersten und letzten Mondesviertels, oder noch eigentlicher 1½ Tage nachher, zweymal schwächer wird, als sonst. Besonders wird in jenem Falle die Fluth am stärksten, und in diesem am schwächsten um die Zeit der Nachtgleiche. Zur Zeit der Sonnenwende aber ist die Fluth in der Zeit des Voll- und Neumondes schwächer, als gewöhnlich, und in der Zeit der Mondesviertel

viertel stärker, als sonst in diesem. Es giebt also bey der Ebbe und Fluth dreyerley regelmäßige Phänomene, nämlich tägliche, monatliche, und jährliche.

§. 1130. Endlich hat man gefunden, daß die hohe Fluth an den östlichen Küsten sich eher ereignet, als an den westlichen; daß sie zwischen den Wendekreisen an den Orten, die in einerley Meridian liegen, zu gleichen Zeiten, außerhalb derselben in größerer Breite später, als in geringerer Breite eintritt, und über 65° Breite beynahe gar nicht mehr wahrzunehmen ist. Zwischen den Wendekreisen fließt das Wasser da, wo es nicht gehindert wird, der Regel nach bey der Ebbe nach Westen zu ab.

§. 1131. Alle diese Umstände bey der Ebbe und Fluth zeigen offenbar an, daß der Mond den Haupteinfluß darauf haben muß, und daß sie Wirkungen der allgemeinen Schwere der Weltkörper gegen einander, und also auch der Erde gegen den Mond seyn müssen. Vergeblich hat man sich vor Newton bemühet, sie aus andern Ursachen herzuleiten. — Durch die gemeinschaftliche Schwere der Erde und des Mondes gegen einander haben sie ein Bestreben, sich zu nähern, und zwar muß sich dies sowol bey dem festen Erdkörper, als bey dem Wasser darauf äußern. In Rücksicht des festen Theiles der Erde ist es eben so gut, als ob nur der Mittelpunkt der Erde allein dieses Bestreben hätte. Ferner muß die Aeußerung dieses Bestrebens oder die Gravitation desto größer werden, je weniger schief die Richtung der Gravitation ist, und je näher die Stellen der Erd- oder Wasserflächen dem Monde zu liegen. Denn, wenn alle Theile der Erde gleichförmig und in paral-

leler Richtung vom Monde gezogen würden, und übrigens die Sonne keine Würkung der Gravitation darauf äußerte, so würde keine Veränderung der Lage der Wasserfläche auf der Erde durch den Mond erfolgen können. Wenn die Erde A B D E (Fig. 128.) ganz mit Wasser umgeben wäre, so würde dies Wasser ohne den Mond, und ohne die Umdrehung der Erde um ihre Achse, vermöge der Schwere desselben gegen die Erde eine vollkommene Kugelfläche auf der Erde bilden. Durch den Mond aber, dem die eine Halbkugel der Erde allemal zugekehrt, und gegen den die ganze Erde, und also auch das Wasser darauf wechselseitig schwer ist, wird die Sache geändert. Die Wasserfläche A, die den Mond L gerade über sich im Scheitel hat, und ihm also näher ist, als der Mittelpunct C des festen Kerns der Erde, wird durch denselben in ihrer Gravitation gegen diesen Mittelpunct der Erde zu vermindert. Die ungleich größere Schwere des Wassers gegen die Erde, als gegen den Mond, hindert zwar die Entfernung des Wassers von der Erde ganz und gar; allein der Druck desselben nach dem Mittelpuncte der Erde zu wird doch dadurch vermindert. Die andere Halbkugel der Erde ist vom Monde weiter entfernt, und der Punct D am weitesten, worin die gerade Linie zwischen dem Mittelpunct des Mondes und der Erde die vom Monde abgewendete halbe Erdfläche trifft. Das Wasser wird hier wegen der größern Entfernung vom Monde schwächer angezogen, als die ganze Erde in ihrem Mittelpuncte C. Dadurch also, daß der Kern der Erde stärker gegen den Mond gravitirt, als hier das Wasser, muß dies auch nothwendig in seiner Schwere gegen den Mittelpunct der Erde vermindert wer-

werden. Ist also nun das Wasser an beiden sich entgegengesetzten Stellen der Erdkugel weniger schwer gegen die Erde, als das dazwischen liegende und 90 Gr. davon entfernte in B und E, so ist das Gleichgewicht des Drucks desselben gegen die Erde zu gehoben, und es muß auf der dem Monde zugekehrten Stelle A und der entgegengesetzten D das Wasser so lange steigen und aufschwellen, und dazwischen in B und E so lange sinken, bis das Gleichgewicht hervorgebracht ist. Geschiehet jenes Aufsteigen des Wassers mitten auf dem Weltmeere, so muß dies zur Folge haben, daß das Wasser an den Ufern abfließt, und also Ebbe eintritt; es muß aber nach sechs Stunden wieder an den Ufern aufschwellen, und also Fluth kommen, wenn das Wasser mitten im Weltmeere sich wieder senkt, nachdem es den Mond nicht mehr über sich hat.

§. 1132. Die Zeit zwischen zwey nächsten hohen Fluthen ist gerade die Hälfte der mittlern Zeit, worin der Mond seinen täglichen scheinbaren Umlauf am Himmel vollendet, und es erhellet aus dem eben Angeführten, warum das Seewasser sich nicht nur gegen die Seite A erhebt, auf welcher der Mond stehet, sondern auch auf die entgegengesetzte Seite D, so wie auch die hohe Fluth wirklich nicht nur nach der Culmination des Mondes selbst, sondern auch zwölf Stunden darnach nach dem Durchgange desselben durch die untere Hälfte des Mittagskreises eintritt. Gelangt nun der Mond nach M, so muß aus den eben angeführten Gründen in B und E Fluth, und in A und D Ebbe erfolgen. Die hohe Fluth ereignet sich nicht gerade zu der Zeit, wenn der Mond durch den Meridian eines Ortes ober- oder

unterhalb des Horizonts geht, sondern einige Stunden nachher, und dies folgt ganz natürlich aus der Umdrehung der Erde um ihre Axe, aus der zur Mittheilung der Bewegung unter die widerstehende Wassermasse erforderlichen Zeit, und aus dem daurenden Zufließen des Wassers nach den Ort, wo sechs Stunden vorher Fluth war. Diese Zeit, in welcher sich die Fluth später ereignet, als der Durchgang des Mondes durch den Meridian, hängt übrigens von der Lage der Küsten, und der Richtung und Gestalt der Meerbusen ab.

§. 1133. Zwey von den täglichen Fluthen sind nicht immer gleich groß; im Winter sind in den Syzygien die Frühfluthen stärker, als die gegen Abend; im Sommer sind sie des Abends stärker, als des Morgens. Wäre der Mond beständig im Aequator, so würden alle tägliche Fluthen gleich groß seyn. Jene Erscheinung erfolgt aus der nördlichen oder südlichen Abweichung des Mondes in seiner Bahn. Da sich der Mond nie über 28° vom Aequator entfernt, so erklärt sich daraus, warum in der Nähe der Pole und 65° nördlicher und südlicher Breite hinaus Ebbe und Fluth kaum mehr merklich ist.

§. 1134. Wegen der Schwere der Erde gegen die Sonne muß diese ebenfalls in 24 Stunden zwey Fluthen verursachen, die aber wegen der ungleich größern Entfernung weit geringer seyn müssen, doch aber die Mondsfluthen vermehren oder zur andern Zeit vermindern können. Das erstere geschieht in den Neu- und Vollmonden, wo die Sonnen- und Mondesfluthen zugleich eintreten; das leztere in den

Monds-

Mondsvierteln, weil hier beide Weltkörper einander entgegen wirken. So wachsen also die Fluthen von den Quadraturen bis zu den Syzygien, und nehmen von den Syzygien bis zu den Quadraturen ab. Zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche im Frühlinge oder Herbst müssen die Fluthen im Neu- und Vollmonde am stärksten seyn, weil dann Sonne und Mond im Aequator, oder doch nahe dabey sind.

§. 1135. Die Höhe des Wassers bey der hohen Fluth ist verschieden. Die Lage der Oerter, die Richtung der Meerengen, und die Gestalt der Küsten, machen hier verschiedene Abänderungen der Stärke, der Zeit des Eintritts, und der Dauer der Fluth. — In kleinern Meeren oder Seen ist die Wirkung der Ebbe und Fluth kaum merklich, wie z. B. in der Ostsee, im caspischen und im mittelländischen Meere; und der Grund liegt darin, daß alle Stellen derselben vom Monde eine beynahe gleiche Wirkung verspüren. Winde und Meeresströme können übrigens noch andere Abänderungen in der Stärke der Fluth zuwege bringen.

Newton principia philos. natur. L. III. pr. 24. 36. 37. *Stapert* diss. de aestu maris, L. B. 1765. 4. Pieces, qui ont remporté le prix de l'academie roy. des sc. en 1740. sur le flux et reflux de la mer (von *Euler*, *Maclaurin* und *Bernoulli*); in dem *Recueil des pieces de prix* T. IV. *Van Swinden* position. phys. T. I. S. 164. ff.

§. 1136. Sonst hat das Weltmeer, außer der Ebbe und Fluth, hie und da besondere Ströme, an manchen Orten sehr starke und schnelle. Die beständigen Winde, Umdrehung der Erde um ihre Achse, Abänderung des Stroms von Ebbe und Fluth durch die Lage der Küsten, Meerbusen und Meerengen möch-

möchten wol die Hauptursachen davon seyn. In der Straße von Gibraltar sind vermuthlich zwey entgegengesetzte Ströme über einander, wo durch den untern das Wasser aus der Meerenge, und durch den obern in dieselbe aus dem atlantischen Meere fließt. Die **Wirbel** oder **Strudel** haben wol gleichfalls ihren Grund in besondern Abänderungen des allgemeinen Stromes bey Ebbe und Fluth oder anderer Strömungen durch Küsten und Meerengen; vielleicht auch in tiefen Schlünden.

Gewässer des festen Landes.

§. 1137. Außer dem großen Weltmeere giebt es noch **Seen** und **Sümpfe**; die letztern unterscheiden sich von den erstern dadurch, daß sie keinen sichtbaren Abfluß haben. Der caspische Sumpf nimmt sehr ansehnliche Flüsse auf, ohne einen sichtbaren Abfluß. Es ist gar nicht glaublich, daß er dies hineinfallende Wasser bloß durch Ausdünstung wieder verlieren sollte, und man kann wol eher auf eine unterirdische Gemeinschaft mit dem schwarzen Meere, oder wie andere glauben, mit dem persischen Meerbusen schließen.

§. 1138. Außer diesen großen Wasserbehältnissen sind auf der Erde noch unzählige fliessende Wässer; **Quellen**, **Bäche**, **Flüsse**, **Ströme**, welche zuletzt, wenige ausgenommen, sich ins Meer ergießen. Da sich das Wasser jederzeit nach dem niedrigern Orte senkt, so müssen auch die Oerter, wo die Flüsse entspringen, jederzeit höher liegen, als das Meer. Durch die mancherley Krümmungen und Unebenheit des festen Landes erhalten die Flüsse eben ihr **Gefälle**. Denn auf einer völlig kugelrunden

Ober-

Oberfläche der Erde hätte kein Gefälle für Flüsse stattfinden können, wären also diese selbst nicht möglich gewesen. Alle Quellen entspringen an und neben Bergen, wenigstens doch an sanft aufsteigenden.

§. 1139. Daß die Quellen der Flüsse durch unterirdische Canäle aus dem Meere, oder durch Aufsteigen eines unterirdischen Meerwassers nach Art der Haarröhren ihr Daseyn erhielten, wird Niemanden einfallen, der etwas von der Gestalt des festen Landes und der Lage desselben gegen das Meer weiß. Das aus der Atmosphäre niederfallende Wasser hat gewiß den größten Antheil an dem Ursprunge der Quellen und ihrer Zunahme beym Fortgange in ihrem Laufe; und wenn auch gleich auf der andern Seite von diesem auf das feste Land niederfallenden Wasser ein großer Theil wieder verdunstet, oder sonst in die Pflanzen als Bestandtheil eingeht, so ist auch wieder zu erwägen, daß auch die Gipfel hoher Gebirge das aus der obern kalten Luft sich niederschlagende Wasser stets aufnehmen, welches zwischen den verschiedenen Schichten und Bergen durchdringt, und so nach dem Fuß des Gebirges zugesendet wird, oder sich hinseigert, oder auch gleich auf den Vertiefungen der Gipfel selbst, wenn hier sein Einseigern verhindert ist, zu den ewigen Quellen Gelegenheit giebt; und ferner daß die Gipfel hoher Gebirge stets mit Schnee bedeckt sind, der zur Sommerszeit ein Versorgungsmittel der Flüsse wird, das auch zur Winterszeit keinesweges versiegt. Die Berechnung, daß manches Land nicht so viel Regen und Schnee auf seiner Oberfläche empfange, als die Flüsse desselben Wasser ins Meer ergießen, ist bey weitem noch nicht auf sichern Thatsachen gegründet, und dann ist

das

dabey in das so großer Menge aus der Luft sich niederschlagende und an die Gebirge anlegende Wasser gar nicht in Betracht genommen worden, oder einer Berechnung überhaupt zu unterwerfen. Daß unterirdisches Wasser, es sey aus dem Meere oder sonst woher, als Dampf oder Dunst durch die innere Wärme der Erde aufsteige, und so bey dem Abkühlen den Ursprung der Quelle gebe, ist gar nicht zu glauben, noch zu beweisen.

§. 1140. Die gegrabenen Brunnen erhalten ihren Wasservorrath entweder von benachbarten Gebirgen, zwischen deren Schichten und Lager das Wasser nach dem Brunnen zu hindringt, oder auf eine ähnliche Art von benachbarten Flüssen, Seen oder Sümpfen, oder, wie die mehresten, von Tagewasser oder atmosphärischem Wasser, das als Regen- oder Schneewasser in die Erde dringt, und dessen weiteres Eindringen vorzüglich durch Thonschichten aufgehalten wird, und in den Klüften der Schichten nach den niedrigern Stellen sich senkt. Eben dies ist es, was auch den Bergbau oft so kostbar und mühsam macht.

§. 1141. Nach der Verschiedenheit der Erdschichten und Lager, durch und zwischen welchen das in Brunnen und Quellen sich sammlende Wasser fließt, ist es nun selbst auch von verschiedenem Gehalte und verschiedener Reinigkeit. Die reinsten Quellwässer sind gewöhnlich die, welche auf ansehnlichen Höhen entspringen, und nur wenig Schichten, die im Wasser auflösbare Theile enthalten, durchdrungen haben. Das gewöhnliche und gemeine Quell- und Brunnenwasser hat fast immer Gyps, rohe Kalkerde, durch

Häl-

Hülfe des luftsauren Gas und einige salzigte Theile aufgelöst. Wenn es solche Stoffe enthält, die ihm einen merklichen Geschmack ertheilen, so nennt man dergleichen Quell- und Brunnenwässer mineralische Wässer (aquae minerales), und insbesondere, wenn sie zum Arzneygebrauch dienen können, Gesundbrunnen (fontes medicati). Nach dem verschiedenen und vorzüglichern Gehalte führen diese mineralischen Wässer besondere Namen. Sauerbrunnen (acidulae) heißen sie, wenn sie viel luftsaures Gas, Stahlbrunnen, wenn sie Eisen durch luftsaures Gas, vitriolische Wässer, wenn sie Eisen durch Vitriolsäure, Cementwasser, wenn sie Kupfer durch Vitriolsäure, Bitterwässer, wenn sie Bittersalz, Schwefelwässer, oder eigentlich hepatische Wässer, wenn sie Schwefellebergas aufgelöst enthalten. Von den letztern glaubte man sonst aus einer unrichtig beurtheilten Erscheinung, daß sie Schwefel selbst aufgelöst enthielten. Manche Quellen enthalten so viel Kalkerde durch Hülfe des luftsauren Gas oder Gyps aufgelöst, daß sie hineingelegte Sachen stark incrustiren, und sonst beym Herabtröpfeln in Höhlen zu den Stalactiten Gelegenheit geben. Doch kann die Kalkerde, die zu den Stalactiten Gelegenheit giebt, auch dem Wasser bloß fein und innig beygemengt seyn.

Tabellen über den Gehalt der in neuern Zeiten untersuchten Mineralwasser, von Joh. Christ. Remler. Erfurt 1790.

§. 1142. Es giebt auch heiße Quellen oder Bäder (thermae), und die hepatischen Wässer sind gewöhnlich solche heiße Quellen (Schwefelbäder). Sie übertreffen immer die Atmosphäre an Wärme,

me, und bey den meisten erhält sich diese Temperatur ziemlich gleichförmig. Unterirdisches Feuer und brennende Berge sind wol zuverlässig bey den wenigsten die Ursach ihrer Wärme, sondern diese ist wol mehr in der Verwitterung der Kiese, und der Einwirkung mehrerer Mineralien unter einander zu suchen, über welche das Wasser wegrieselt. Rohe, den Kiesen beygemengte, oder neben ihnen befindliche Kalkerde, kann denn freylich machen, daß in einem solchen Wasser vom zerstörten Eisenkies kein Vitriol angetroffen wird, sondern eher Gyps. — Bey den sogenannten feuerfangenden Brunnen und Bächen hat gewiß in den mehresten Fällen brennbare Sumpfluft oder aufschwimmendes Bergöhl die davon erzählten Erscheinungen veranlaßt.

§. 1143. Die Salzsoolen, die man hin und wieder antrifft, müssen billig zu den mineralischen Wässern gerechnet werden. Sie haben so wenig ihren Ursprung aus dem Meere, als andere Quellen des festen Landes, und übertreffen gewöhnlich das Meerwasser an Salzigkeit bey weitem. Sie entstehen vielmehr, wenn das Quellwasser durch und zwischen Lager und Schichten von Salzsteinen und Steinsalz dringt, und so mehr oder weniger Salz aufzulösen Gelegenheit hat. Außer dem Kochsalz enthalten sie alle noch Gyps und salzsaure Bitter- oder Kalkerde.

Atmosphäre.

§. 1144. Unsern Erdball umgiebt die Atmosphäre (atmosphaera terrestris), als ein flüssiges elastisches Wesen. Von ihrem Hauptbestandtheil, der

der atmosphärischen Luft, habe ich schon im Vorhergehenden gehandelt; hier betrachten wir sie in Verbindung mit allen darin befindlichen fremdartigen Dingen. Die Atmosphäre ist gewissermaßen das grosse Magazin, worin alles, was flüchtig und expansibel ist, aufsteigt, und man sieht leicht ein, daß sie, bey der ungeheuren Menge von wäßrigen, phlogistischen Dünsten, von Gasarten, Brennstoff u. d. gl. die täglich von der Erde und ihren Bewohnern aufsteigt, bey der verschiedenen Wahlanziehung der Stoffe gegen einander, der Bindung und Entbindung der Wärme, und des electrischen Fluidums, das große chemische Laboratorium ist, worin die Natur ihre verschiedenen gewöhnlichen und ungewöhnlichen Meteore ausarbeitet.

§. 1145. Daß die Atmosphäre an Dichtigkeit abnimmt, je höher man in ihr hinaufsteigt, das habe ich schon oben bey der atmosphärischen Luft bewiesen. Wie dünne sie aber in den höchsten Gegenden seyn müsse, und wie groß überhaupt die Höhe der Atmosphäre sey, können wir nicht bestimmen. Das leztere würde leicht aus der ihr das Gleichgewicht haltenden Quecksilbersäule bestimmt werden können, wenn sie durchgehends einerley Dichtigkeit hätte.

§. 1146. Ohngeachtet der großen Durchsichtigkeit der Atmosphäre, wirft sie doch einen beträchtlichen Theil des Lichtes zurück. Vorzüglich gilt dies vom blauen Lichte, und die blaue Farbe derselben ist eben daher zu leiten. Nebel und niedergeschlagene Dünste mindern die blaue Farbe des Himmels, und diese ist desto dunkeler, je reiner die Luft von jenen

ist.

ist. Hr. von Saussure hat deswegen durch Bestimmung der mehr oder weniger dunkeln Nuance des Blau die mehrere oder mindere Reinigkeit der Atmosphäre von nebeligten Dünsten, vermittelst des Kyanometers, anzugeben, und dasselbe auf eine sehr sinnreiche Art vergleichbar zu machen gesucht.

Beschreibung eines Kyanometers, oder eines Apparats zur Messung der Intensität der blauen Farbe des Himmels, von Hrn. von Saussure; im Journ. der Phys. B. VI. S. 93. ff.

§. 1147. Bey den mancherley abwechselnden Erhebungen des festen Landes über der Meeresfläche, kann das Barometer an verschiedenen Orten nicht gleich hoch, sondern muß an höhern Orten niedriger, an niedrigern höher stehen. Da aber mancherley Ursachen den Stand des Barometers an einem und eben demselbigen Orte ändern, so muß man die mittlere Barometerhöhe zweyer Oerter wissen, um wenigstens mit einiger Wahrscheinlichkeit die Differenzen ihrer Höhen durchs Barometer zu messen.

§. 1148. Mit der Zu- und Abnahme der Elasticität der Atmosphäre muß auch das Barometer höher und niedriger gehen, und da dies an einerley Ort geschiehet, so müssen auch Ursachen in der Atmosphäre wirksam seyn, die ihre Elasticität ändern. Mit den Veränderungen der Elasticität der Atmosphäre ist gewöhnlich eine Aenderung der Witterung verknüpft; man kann aber doch nie ganz sicher aus dem Fallen und Steigen des Barometers auf die erfolgende Wetterveränderung schließen.

§. 1149. Die Größe der Barometerveränderung ist nach der Lage eines Ortes sehr verschieden, zwischen den Wendekreisen kaum merklich, außerhalb

derselben beträchtlich. Vermöge angestellter Beobachtungen sind die Barometerveränderungen auf eine große Strecke Landes gleichzeitig, und auf dem platten Lande gleichgroß. Allein bey sehr beträchtlichen Unterschieden der Höhen sind sie den mittlern Höhen der Quecksilbersäulen an diesen Orten nicht mehr proportionell, was eben den Höhenmessungen der Berge durchs Barometer ein kaum zu hebendes Hinderniß entgegensetzt.

Saussure's Reisen durch die Alpen, Th. IV. §. 1123.

§. 1150. Die Ursachen der Barometerveränderungen sind bey weitem noch nicht so erforscht und ins Licht gesetzt, als man wol denken sollte. Seit der Erfindung dieses Instruments hat man mehrere Hypothesen darüber gemacht, die Hr. de Luc vollständig gesammlet und geprüft hat. Er selbst gründete erst seine Erklärung auf den Satz, daß Dünste specifisch leichter sind, als Luft, und leitete daraus auf eine einfache Weise die Barometerveränderungen ab. Allein er hat jetzt diese Erklärung wieder aufgegeben, denn es bleibt dabey noch immer unerklärbar, warum nicht jedes starke Fallen des Barometers mit Sturm oder Regen verknüpft ist, und warum unter dem Aequator die Barometerveränderungen überhaupt so unbeträchtlich sind, ohngeachtet hier auch die Dünste abwechselnd aufsteigen und niedergeschlagen werden. Der Unterschied des specifischen Gewichts der Dünste und der atmospärischen Luft ist auch nicht so groß, daß dadurch ein beträchtliches Fallen des Quecksilbers hervorgebracht werden könnte. Abwechselung der Wärme und Kälte in verschiedenen Luftschichten, Abänderung der Elasticität der Atmosphä-

sphäre, besonders durch Dünste, und ihre Vernichtung, vielleicht Bildung der Luft aus Dünsten selbst, und ihre Vernichtung durch unbekannte Processe, und dann endlich die Winde, nebst verschiedenen, noch nicht erforschten, chemischen Affectionen der Luft in höhern Regionen, tragen ohne Zweifel zu dieser Barometerveränderung bey; aber eine bestimmte Ursach derselben läßt sich jetzt noch nicht angeben. Die Barometerveränderungen müßten regelmäßiger erfolgen, wenn nach der Behauptung einiger Naturforscher der Mond ihre erste und vornehmste Ursach wäre, dessen Einfluß, so wie den der Sonne, man aber doch nicht ganz leugnen kann.

De Luc Unters. über die Atmosphäre, Abschn. I. Cap. 3. Ebendesselben neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. §. 590. Saußure's Hygrometrie §. 294. Della vera influenza degli astri, delle stagioni e mutazioni del tempo, saggio meteorologico di Gius. Toaldo, in Padova 1770. gr. 4. Hemmer vom Einfluß der Sonne aufs Barometer; im Journ. der Phys. B. II. S. 218. ff.

§. 1151. Wenn in beträchtlichen Schichten und Strichen der Atmosphäre ihre Elasticität durch Erwärmung, oder durch Bildung von Dünsten vermehrt, oder auf der andern Seite diese Elasticität durch Kälte, Vernichtung des expansiblen Zustandes der Dünste, und vielleicht der Luft selbst, vermindert wird, so kann kein Gleichgewicht zwischen dieser und den benachbarten Schichten und Strichen stattfinden. Die mehr elastische Luft muß sich dahin bewegen, wo minder elastische ist, und es muß dies nothwendig eine Ortsveränderung der Lufttheilchen zur Folge haben, die wir **Wind** nennen.

§. 1152. In Rücksicht der Richtung, welche die Winde haben, nennt man sie nach der Weltgegend, aus der sie blasen, und die Schiffer theilen sie daher in 32 Arten ein, von denen der Nord-, Süd-, Ost- und Westwind die Hauptwinde (ventus principales), die dazwischen gerichteten aber Nebenwinde (ventus secundarii) heißen.

§. 1153. In den heißen Gegenden herrscht auf dem Meere zwischen den Wendekreisen ein beständiger Ostwind, und zwar ist derselbe in dem nördlichen Theile der heißen Zone nordöstlich, in der südlichen südöstlich. Nur zwischen 10° nördlicher und südlicher Breite ist er nahe ganz östlich. Auf dem festen Lande dieses Erdstriches ist er nicht so regelmäßig, sondern wird hier, wie überhaupt, durch die Lage der Gebirge, Thäler und Klippen, und selbst der Küsten (§. 1152.) mehr oder weniger abgeändert. Die regnichte und trockene Jahreszeit bringen auch einige Abweichungen zuwege. Die Entstehung dieser Winde hat man in der successiven Erwärmung der Luft durch die fast senkrechten Sonnenstrahlen von Osten her und in den Dünsten des Meeres gesucht, wodurch denn die erwärmte Luft sich nach den noch nicht so erwärmten und nicht so elastischen Theilen nach Westen hin ergieße. Hr. Hube macht aber gegen die Erklärung dieser Winde aus der Erwärmung der Luft durch die Sonne sehr gegründete Einwürfe. Er selbst setzt die wahre Ursach in die Umdrehung der Erde um ihre Achse, welche auch Hr. de Luc mit zu den Ursachen dieses allgemeinen Ostwindes zählt.

Hube über die Ausdünstung, Cap. 57. 58. De Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. S. 840. f.

§. 1154. In dem Indischen Meere wehen die **Mußons** oder **Passatwinde** gewisse Monate nach einer Richtung, die andern Monate darauf nach einer entgegengesetzten. Ihre Ursachen setzt Hr. Hube sehr sinnreich und wahrscheinlich darin, daß die weit ausgedehnten, zum Theil hohen und bergigten Länder, welche nördlich von den Meerbusen liegen, wo diese Winde wehen, im Winter weit stärker erkältet werden, als die angränzenden Meere, und daß die Luft daher von ihnen mehrentheils mit einer ansehnlichen Schnelligkeit gegen die Linie zu fliessen muß. Im Sommer hingegen werden jene Länder stärker erwärmt, und die Hitze verbreitet sich nach und nach durch die Luft der angränzenden Meere nach Süden zu; dadurch wird der nordliche Wind immer schwächer, er hört gänzlich auf, und zuletzt fängt die Luft an, von der Linie gegen Norden zu fliessen. Die Umdrehung der Erde um die Achse macht diesen Wind südwestlich.

Hube a. a. O. Cap. 61.

§. 1155. In den heissen Zonen sind an den Küsten die **Land- und Seewinde**, eine andere Art von **periodischen Winden**, wovon jene bey Nacht nach der See zu, diese bey Tage von der See landwärts wehen. Die schnellere Abkühlung der Luft und dadurch bewirkte Zersetzung der Dünste auf dem festen Lande bey Nacht, und die schnellere Verdünnung der Luft bey Tage auf demselben, ist hieran wol Schuld.

§. 1156. In den gemäßigten und kalten Zonen herrschen **unbeständige Winde**, die unregelmäßig bald nach dieser Richtung, bald nach einer andern wehen. Die Ursach der Winde überhaupt genommen,

men, ist außer der angezeigten Erwärmung und Störung des Gleichgewichts der Luft durch die Sonnenstrahlen, noch in der Umdrehung der Erde um ihre Achse, in Dünsten, die bey ihrem Aufsteigen die Luft verdrängen und das Gleichgewicht heben, und in der Veränderung der Elasticität der Luft durch Brennstoff, Gasarten, Bildung und Vernichtung von Dünsten und von Luft selbst, zu suchen. Außerhalb der Wendekreise prädominiren die letztern Ursachen wol mehr, als die erstern; aber es läßt sich darüber nichts gewisses und bestimmtes festsetzen, da uns diese Ursachen zum Theil selbst noch unbekannt sind. Oft könnten es Localursachen seyn, die das Gleichgewicht der Luft heben. Die Lage und Beschaffenheit der Gebirge eines Landes ändert die Richtung eines Windes sehr ab.

Von den Ursachen der herrschenden Windstillen zwischen der Gränze der regelmäßen Winde, s. m. Hr. Prevost Abh. über die Gränze der regelmäßigen Winde; im Journ. d. Phys. B. VII. S. 28. ff.

§. 1157. Die Gegenden, aus welchen der Wind bläst, bestimmen mehrentheils seine Trockniß oder Feuchtigkeit, Wärme oder Kälte; aber nicht immer im Allgemeinen. Die West und Nordwestwinde sind bey uns gewöhnlich sehr feucht; die Nord- und Ostwinde hingegen trocken und kalt.

Eigene Arten des Windes der heißen Erdstriche sind der Harmattan auf der westlichen Küste von Afrika; der Sirocco in Afrika, bis nach Sicilien und Italien; der Samiel in Mesopotamien bis nach Aegypten, der Chemsin in Aegypten. Sie scheinen ohne Zweifel die besondere Eigenschaft, die sie besitzen, von den Gegenden zu erhalten, von und über welche sie streichen.

Sauveboeuf's Reisen, im Magazin neuer Reisebeschr. B. IV. S. 476. *Volney* voyages T. I. S. 56. Lube a. a. O. S. 356. ff.

§. 1158. Die Geschwindigkeit oder Stärke der Winde ist außerordentlich verschieden. Die beständigen Winde (§§. 1153 — 1155.) wehen sehr gleichförmig und gelinde, und ihre Geschwindigkeit beträgt mehrentheils 10 bis 16 Fuß in einer Secunde. Ein solcher Wind heißt ein sanfter und mäßiger Wind. Die unbeständigen Winde außer den Wendekreisen sind meistens geschwinder, und führen dann auch verschiedene Namen; ein steifer Wind, der 24 Fuß; ein harter Wind, der bis 35 Fuß in einer Secunde durchläuft. Von 40 bis 50 Fuß Geschwindigkeit ist er schon ein mittelmäßiger Sturm, zwischen 50 und 60 Fuß ein starker Sturm, und von 60 Fuß und drüber ein Orcan. Die westindischen Orcane sind besonders fürchterlich in ihren Wirkungen. Daß in den obern Regionen der Atmosphäre Winde nach einer andern oft entgegengesetzten Richtung fortstreichen, als der an der Erde hat, zeigen die Wolken.

§. 1159. Außer diesen sogenannten luftigen Meteoren haben wir hier noch die wässerigen Meteore oder Lufterscheinungen zu betrachten, zu welchen das in der Luft aufgestiegene Wasser Anlaß giebt, wobey ich mich auf das beziehe, was ich oben von den Dünsten (§. 718 — 720. §. 752 — 757.) angeführt habe.

§. 1160. Mehr als zwey Drittel der Oberfläche unserer Erdkugel sind mit Wasser bedeckt; kein Wunder also, daß durch Beyhülfe der Wärme dies Wasser beständig als Dunst in der Atmosphäre aufsteigt. Dies und die Ausdünstung der feuchten Erde, der Pflanzen, und der Thiere in so unzählbaren Schaaren, macht, daß die Atmosphäre nie von Feuchtig-

keit

keit frey ist, und deswegen eigene Erscheinungen liefert. Wenn zur Sommerszeit die Luft am Tage durch Hülfe der Wärme eine beträchtliche Menge Wasser in expansiblem Zustande enthält, und es ändert sich zur Nachtzeit die Temperatur und die Luft wird kühler; so kann nun die vorige Menge Feuchtigkeit wegen verminderter Temperatur nicht mehr expansibel bleiben (§. 754.), und es wird das Wasser in concreter Gestalt als Thau abgeschieden. Der Thau ist also nicht sowol Dunst der Pflanzen, als vielmehr atmosphärisches Wasser, das sich auch an andere Körper, als an Pflanzen ansetzt, und zwar um desto mehr, je leichter diese erkalten. Es erhellet auch daraus, warum Pflanzen bethauen, die mit Klocken bedeckt waren, weil nemlich unter der Klocke ebenfalls bey der Abkühlung so viel Wasserdunst zersetzt und eben so viel Wasser niedergeschlagen werden muß, als bey dieser Temperatur nicht mehr expansibel bleiben kann; ja warum in einer leeren zugestopften Bouteille der Thau entstehen kann. Es hat mit dem Thau eine ganz ähnliche Beschaffenheit, wie mit dem Beschlagen der Fenster im Winter (§. 755.). Wenn die Abkühlung der Luft nicht sattsam erfolgt, oder das Maximum der Verdunstung darin nicht stattfand, so wird auch weniger oder gar kein Wasserdampf darin zersetzt, und das erstere ist der Grund, warum es oft in Städten nicht thauet, da man Thau auf dem Lande findet. Allerdings können auch beym Thau andere Arten der Ausdünstung statt finden.

§. 1161. Wenn die Luft bis zum Gefrierpunct erkaltet, so gefriert auch das aus dem Dunst sich niederschlagende Wasser, und bildet alsdann auf den

pern, wenn diese auch hinlänglich genug erkaltet sind, den Reif (pruina), der also ein gefrorner Thau ist. Das Gefrieren der Fenster zur Winterszeit, und das uneigentlich sogenannte Ausschlagen der Kälte an den Gebäuden und kalten Körpern beym Anfange des Thauwetters, hat einen ganz ähnlichen Grund.

§. 1162. Nebel ist Wasser, das aus dem Dunste niedergeschlagen worden, und wegen seiner höchst feinen Zertheilung und durch Cohäsion in der Luft schwimmend erhalten wird. Er entsteht aus der Zersetzung des Dunstes durch Vermehrung des Drucks der Atmosphäre oder Verminderung ihrer Temperatur, wobey freylich ein bestimmter Grad der Verdunstung darin vorausgesetzt wird. Treten die Theilchen dieses Nebels durch schnelle Anhäufung bey fortdaurender Ursach, oder durch Winde, näher zusammen, so geht er in tropfbare Gestalt, in Thau oder Regen über, und man sagt, der Nebel fällt. Wird die Luft durch die Sonnenstrahlen erwärmt, so verwandelt sich der Nebel auch von neuem wieder in expansible, durchsichtige Flüssigkeit, und man sagt alsdann, der Nebel steigt. Auf das erstere folgt gewöhnlich ein heiterer Tag, auf dieses ein trüber, und die Ursach ist nicht schwer einzusehen. Daß ein Nebel durch den Stoß der Sonnenstrahlen auf die Dünste in der Luft entstehe, konnte man sonst wol behaupten, da man die Natur der Dünste noch nicht besser kannte. Aus der angeführten Entstehungsart des Nebels läßt sich erklären, warum im Herbste und Frühling die Nebel am gewöhnlichsten sind; warum sie besondes des Morgens und Abends gesehen werden; warum Oerter an der See dem

Ne-

Nebel mehr ausgesetzt sind, als andere; warum bey starken Wasserfällen beständig Nebel wahrgenommen werden. Das Sichtbarwerden unsers **Hauches** im Winter hat einerley Grund mit der Entstehung des Nebels, und das Anlaufen eines kalten Spiegels durch denselben mit der Entstehung des Thaues.

§. 1163. Außer dem Wasser können allerdings auch andere Dinge zu expansiblen Flüssigkeiten, oder zu Dunst, und durch Entziehung ihres fortleitenden Flüssigen wieder niedergeschlagen werden; und dies ist der Grund, warum mancher Nebel einen eigenen Geruch hat. Der im Jahre 1783 gesehene so merkwürdige **Landrauch, Sonnenrauch,** oder **Höhenrauch** hatte gewiß auch in solchen fremdartigen in der Luft in Dunstgestalt befindlichen Dingen seinen Grund, über deren Natur sich aber wegen ihrer subtilen Beschaffenheit nichts Gewisses bestimmen läßt.

§. 1164. **Wolken** sind nichts anders, als Nebel, die in höhern Gegenden der Luft schwimmen. Wird der mit Wasserdünsten beladenen Luft der obern Gegend, durch irgend eine Ursach, z. B. durch kalte Winde, der nöthige specifische Wärmestoff entzogen, so kann auch plötzlich und auf einmal der Himmel mit Wolken überzogen werden; und so können auch, umgekehrt, Wolken nach und kleiner werden, und endlich ganz verschwinden, wenn die Ursach der Dunstbildung, die Wärme, zunimmt. Die scheinbare Dichtigkeit erhalten die Wolken von ihrer großen Weite. Ihre Entfernung von der Erde ist aber sehr verschieden, wie auch der Augenschein lehrt. Da das Wasser, so lange es als expansible Flüssigkeit

in

in der Luft enthalten ist, nicht aufs Hygrometer wirkt, so läßt es sich sehr gut erklären, wie in einer, fürs Hygrometer trocknen, Luft hoher Regionen doch plötzlich Wolken entstehen können, die jetzt erst das Hygrometer afficiren.

§. 1165. Geschiehet die Zersetzung der wässerigten Dünste schnell genug und in hinreichender Menge in den obern Regionen der Luft, so daß das niedergeschlagene Wasser zum tropfbarflüssigen zusammenzutreten genöthiget ist, so kann es nun wegen seines ungleich größern specifischen Gewichts von der Luft nicht mehr getragen werden, und fällt als Wassertropfen, oder als Regen nieder. Demohngeachtet bleiben hierbey noch immer große Schwierigkeiten, um besonders die unermeßliche Menge Wasser zu erklären, die, zumal bey einem Platzregen, fällt. Hr. de Luc gesteht selbst ein, daß wir die wahre Ursache des Regens noch nicht kennen, die man am wenigsten aus dem Niederschlagen des in der Luft vermeyntlich aufgelösten Wassers, oder nach der Meynung der Antiphlogistiker in dem Verbrennen der Lebensluft und des brennbaren Gas der höhern Gegenden der Atmosphäre suchen darf. Hr. de Luc ist geneigt, einen Uebergang des Wassredunstes zur Luft, und eine Vernichtung und Zersetzung der letztern durch noch unbekannte Operationen der Natur, anzunehmen.

De Luc neue Ideen über die Meteorologie, Th. II. Abth. III. Cap. 1. (S. 1. u. ff.).
Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie über den Regen; übers. im Journ. der Phys. B. III. S. 287. ff. Hrn. Lichtenbergs Vorrede zur fünften Ausgabe der Erxlebenschen Naturlehre.

§. 1166. Wenn die in der Atmosphäre zersetzten Wasserdünste so viel von ihrem Wärmestoff verlie-

sieren, daß sie fest werden können, oder gefrieren, so bilden sie den Schnee, der dadurch, daß sich mehrere Theilchen dieses gefrornen Dunstwassers an einander hängen, zu dem eckigten, lockern, flockigten Körper wird. Bey einer stillen Luft wird die Bildung desselben ziemlich regelmäßig, und die einzelnen Fasern setzen sich in einen sechszackigten Stern zusammen. Warum der Schnee aber gerade diese Gestalt annimmt, darüber braucht man sich wol eben so wenig den Kopf zu zerbrechen, als warum sich andere Körper beym Festwerden in diese oder jene regelmäßige Figur zusammenbegeben. Die Nachforschungen darüber werden stets vergeblich seyn.

§. 1167. Die aus den Dünsten bey ihrem Uebergange zum tropfbaren Wasser oder zum festen Körper, zum Schnee, freywerdende Wärme muß freylich wieder auf die Atmosphäre wirken und ihr eine größere empfindbare Wärme mittheilen, durch welche nun die Dunstbildung wieder von neuem zunimmt, wenn sie nicht durch andere unbekannte Ursachen wieder latent wird. In diesem freywerdenden Wärmestoff ist wol die Ursach zu suchen, daß das Wetter kurz vor dem Schnee im Winter etwas gelinder wird. Der gemeine Mann verwechselt Wirkung und Ursach, wenn er sagt: es kann vor Kälte nicht schneyen. Daß nämlich vor dem Schneyen die Atmosphäre etwas wärmer wird, ist Wirkung, nicht Ursach des Schnees.

§. 1168. Der Hagel (grando) entsteht offenbar aus dem Regen, und ist nicht, wie einige glauben, zusammengetriebener und unter einander gerollter Schnee. Wird nämlich dem Regen bey seiner

ner Entstehung oder während seinem Herabfallen durch irgend eine Ursach plötzlich der ihm im tropfbaren Zustande zukommende Wärmestoff entzogen, so gesteht er und gefriert, und weil die Theile hierbey nicht Zeit haben, sich in regelmäßige crystallinische Lagen anzuziehen und zusammenzutreten, so kömmt es auch, daß er mehr die Gestalt von unförmlichen Eisklumpen hat. Von der schnellen Entziehung des Wärmefluidums, und dem Zusammentreiben der Regentropfen durch Winde, rührt auch die Größe des Hagels her. Es ist jetzt ziemlich wahrscheinlich, daß die Electricität beym Entstehen des Hagels wirksam ist. Ob sie aber Ursach oder Wirkung dabey sey, das scheint mir noch nicht so ganz ausgemacht. Ich bin sehr geneigt zu glauben, daß die schweren Donnerwetter, die den Hagel begleiten, ihre Entstehung mit in dem beym letzten ausgeschiedenen Wärmestoff haben. Daß es im Winter nicht leicht hagelt, hat ohne Zweifel seinen Grund in der Kälte der Atmosphäre, die nicht zuläßt, daß der Nebel der zersetzten Dünste erst zum tropfbaren Wasser zurückkehrt, sondern sogleich zum Gefrieren gebracht wird, und also zu Schnee wird. Dicke Gewitterwolken können dadurch, daß sie die Sonnenstrahlen abhalten, ebenfalls zur Erkältung der unter ihnen befindlichen Luftschichten Gelegenheit geben, und dadurch eben zur Entziehung des nöthigen Wärmefluidums des Regens beytragen. Sollte nicht vielleicht auch Verdunstung, die nothwendig mit Erkältung verknüpft seyn muß, und die vielleicht durch Electricität und heiße Sonnenstrahlen hervorgebracht wird, an der Entstehung des Hagels Antheil haben? Sollte in dem Mangel der

ley-

ersteren vielleicht auch der Grund liegen, warum es zur Nachtzeit nicht hagelt?

§. 1169. Die absolute Menge des in einer bestimmten Zeit, z. B. in einem Jahre, aus der Luft sich abscheidenden und auf die Erdfläche fallenden Wassers hat man durch sogenannte Hyetometer (Ombrometer oder Regenmaaße) zu bestimmen gesucht. Allein es ist beynahe unmöglich, jene genau zu finden, da ein großer Theil, der als Thau auf ein Behältniß niederfällt, oft eben so schnell wieder davon verdunstet, und die Verdunstung überhaupt beym Aufsammlen des Wassers nicht ganz verhütet werden kann. Nach einer Mittelzahl schätzt man gewöhnlich das als Regen, Schnee, Hagel, u. s. w. in unsern Gegenden binnen einem Jahre aus der Atmosphäre niederfallende Wasser auf 30 Zoll Höhe, oder es würde dies Wasser die Oberfläche des platten Landes 30 Zoll hoch bedecken, wenn nichts davon verdunstete, oder sich sonst einsaugte. Die Lage eines Landes, das Klima, Waldungen und Gebirge ändern diese Menge sehr mannigfaltig ab. — Eben so schwer ist es, die Ausdünstung des Wassers durch Atmometer (Atmidometer) zu messen, da hierbey die Luft vorzüglich wirksam ist, die nicht an allen Seiten gleich stark darauf auflösend seyn kann.

Descriptio instrumentorum societatis meteorologic. palat. Manhemii 1782. gr. 4. Hermanns mechanischer verbesserter Wind- Regen- und Trockenheitsbeobachter. Freyb. und Annab. 1789. 8.

§. 1170. Die Tromben und Wasserhosen, wobey sich eine Wassersäule von einer Wolke bis

zum

zum Meere, oder umgekehrt, erhebt, die mit reissen der Geschwindigkeit in der Runde herumgedrehet wird, so daß eine Art von leerem Raum durch die Fliehkraft in ihr zu entstehen scheint; bey ihrem Fortgange zerstörende und fürchterliche Wirkungen hervorbringt; wobey das Wasser kocht, und braust; die Luft schwefligt riecht, und sich auch Blitz und Donner dabey zeigt, können unmöglich nach bloß mechanischen Gesetzen erklärt werden. Gewiß haben hier mehrere fremdartige Stoffe und Gasarten (und selbst Electricität) Antheil, deren Natur aber bis jetzt noch nicht hinlänglich erforscht ist. Man hat beobachtet, daß vor der Entstehung der Tromben das Barometer, das sonst zwischen den Wendekreisen, wo jene Naturerscheinung vorzüglich stattfindet, nur unmerkliche Veränderungen erleidet, sehr ansehnlich tief herabzufallen anfängt.

Magazin merkw. neuer Reisebeschreibungen, B. VIII. S. 156.

§. 1171. Eine der schönsten, aber auch der fürchterlichsten Erscheinungen in der Natur, ist das **Gewitter** oder **Donnerwetter**. Schon im Jahre 1746 behauptete **Winkler** eine vollkommene und wesentliche Gleichheit zwischen den Wirkungen der Electricität, und denen des Gewitters, deren einziger Unterschied bloß in dem Grade der Stärke beruhe; und bald nachher that es **Franklin** (1747) noch überzeugender dar, daß der **Blitz** ein starker electrischer Funke, und die Gewittermaterie mit der electrischen einerley wäre. Die Erscheinungen des Blitzes lassen sich auch sammt und sonders im Kleinen mit der Electrisirmaschine nachahmen. Der Blitz geht, wie der electrische Funke, in geschlängelten

Wes

Wegen durch die Luft, trifft hohe und hervorragende Gegenstände am leichtesten, entzündet brennbare Stoffe, tödtet Menschen und Thiere, zerschmetert oder durchlöchert feste Köper, zumal wenn sie keine oder unvollkommene electrische Leiter sind, folgt allemal den besten Leitern, den Metallen, am liebsten, schmelzt Metalle augenblicklich, u. s. w. Was endlich diese Meinung ausser allen Zweifel sezt, ist, daß man die Electricität der Gewitterwolken sogar ableiten, einem isolirten Leiter zuführen, und dann die electrischen Erscheinungen daran wahrnehmen kann. Diese Muthmaßung des großen Franklins wurde zuerst 1752 von Hrn. Dalibord zu Marly la Ville und Hrn. Delor zu Paris durch Versuche bestätiget, und Franklin selbst überzeugte sich in diesem Jahre, ohne von jenen Versuchen etwas zu wissen, durch den electrischen Drachen und durch ein electrisches Glockenspiel an einer auf seinem Hause zu Philadelphia aufgerichteten isolirten eisernen Stange von der Electricität der Gewitterwolken. De Romas zu Nerac und Beccaria zu Turin bestätigten diese Theorie noch mehr durch Versuche. Niemand zweifelte endlich mehr daran, nachdem der verdiente Prof. Richmann in Petersburg unglücklicherweise am 6. August 1753 durch den Ausbruch eines solchen starken electrischen Funken oder Blitzes, der aus einer Gewitterwolke in ein isolirtes Metalldrath geleitet war, getödtet wurde.

Winkler Abhandl. von der Stärke der electrischen Kraft des Wassers in gläsernen Gefäßen, Leipz. 1746. 8. Franklins Briefe über die Electricität, von Wilke, S. 50. f. S. 72. f. Priestley's Geschichte der Electricität, a. d. Engl. übers. von Krünitz, 1772. gr. 4. Mémoire, où aprés avoir donné un moyen aisé pour elever fort haut et, à peu de frais un corps electrisable

sable isolé — par M. *de Romas*; in den *Mém. présent.* *T. II.* S. 393. ff *Beccaria* lettere dell elletricismo, Bologna 1758. 4. Relation sur la mort de Richmann; in der *Histoire de l'acad. roy. des sc. de Paris, année 1753. à Paris 1757.*

§. 1172. Durch Versuche mit dem electrischen Drachen, dem Condensator, dem Electricitätssammler, und unsern feinern Electrometern wissen wir jetzt, daß in der Atmosphäre stets Electricität wirksam ist. Hr. von Saußure hat darüber insbesondere sehr viele Beobachtungen, und zwar in verschiedenen Höhen angestellt. Er fand, daß die Intensität dieser Luftelectricität veränderlich ist, nach der relativen Höhe eines Orts; daß sie sich an den höchsten und isolirtesten Orten am stärksten zeigt; daß sie an einem und demselben Orte sehr großen Veränderungen unterworfen ist; daß besonders Nebel mit einer sehr bemerkbaren Electricität begleitet sind, außer, wenn sie sich in Regen auflösen; daß die Electricität der ganz heitern Luft im Winter von der Stunde an, da der Thau sein Fallen ganz geendigt, bis zum Aufgang der Sonne am schwächsten ist; wo dann ihre Stärke wieder zunimmt, und früher oder später, fast immer aber vor Mittag bis zu einem gewissen höchsten Punct gelangt, nachher aber wieder schwächer zu werden scheint, bis sie sich bey dem Fall des Thaues gleichsam erholt, und zuweilen am stärksten wird, und endlich stufenweise bis tief in die Nacht hinein wieder abnimmt. Die Electricität der hellen Luft fand Hr. von Saußure unwandelbar positiv, sowohl im Sommer, als im Winter, bey Tage und bey Nacht, an der Sonne und im Thau, und dies bestätigte Hrn. Volta's Behauptung, daß die atmosphärische Electricität ihrer

ter eigentlichen Natur nach positiv sey, und daß diejenigen, die man bey gewissen Regen und zuweilen bey Donnerwettern negativ gefunden, nur von den Wolken herkomme.

Saussure's Reisen durch die Alpen, Th. II. Kap. 28. Meteorologisches Journal, besonders in Rücksicht auf die atmosphärische Electricität, von Hrn. J. Read; aus den *philos. Transact.* übers. im Journ. der Phys. B. VI. S. 234. ff.

§. 1173. Aus dieser Electricität der Atmosphäre leitete man nun die Entstehung der Gewitter bisher allgemein so ab, daß man annahm, sie theile sich den Wolken, als isolirten und mit Luft umgebenen Leitern, mit, und häufe sich in ihnen an. Werde ihnen nun eine andere unelectrische Wolke zugetrieben, so habe dies den Ausbruch des großen electrischen Funkens oder des Blitzes zur Folge. Es könne aber auch in zwey über einander oder neben einander stehenden Wolken entgegengesetzte Electricität durch Vertheilung entstehen, und bey ihrer Annäherung endlich ein desto stärkerer Blitz hervorbrechen. Endlich könne sich die einfache Electricität einer Donnerwolke in ihr auch so stark anhäufen, daß sich ihr Wirkungskreis bis zur Erdfläche erstrecke, die dann die entgegengesetzte Electricität annehme, wobey zuletzt bey sehr starker Anhäufung der Electricität und genugsamer Annäherung der Wolke, der Blitz die geladenen Luftschichten dazwischen durchbreche, und im Zickzack herabfahre. Das Blitzen der Gewitterwolken dauere so lange, bis entweder das Gleichgewicht der Electricitäten hergestellt, oder die Wolke selbst als Regen herabgefallen sey. So sahe man also die Donnerwolken als isolirte und electrisirte Conductoren an,

und

und leitete daraus die Erscheinungen des Gewitters ab. Aber so sehr man auch hier im Besitz der Ursach zu seyn glaubte, so hat doch Hr. de Luc dagegen Gründe vorgebracht, welche diese Erklärung völlig über den Haufen werfen. Erstlich bilden die Wolken zur Zeit des Gewitters oft ein Continuum am ganzen sichtbaren Horizont; wie wäre es also möglich, daß in diesen zusammenhängenden oder sich berührenden Leitern die Electricität, ohne sich sogleich durch die ganze Masse ins Gleichgewicht zu setzen, örtlich angehäuft seyn könnte? Zweytens kann man billig fragen: wie ist es möglich, daß, so bald die Gewitterwolken zu regnen anfangen, durch den Regen, der sie als Leiter mit der Erde in leitende Verbindung setzt, die Wolke nicht sogleich entladen wird, da doch das Gewitter beym Regen noch anhaltend fortdauert? Endlich beobachtete Hr. de Luc Gewitter in hohen Thälern der Alpen, ohngeachtet die Wolken rund herum die Gipfel der das Thal bekränzenden Gebirge berührten, und also damit in leitender Verbindung waren. Die Gewitterwolken können also keine geladene Conductoren seyn. Hr. de Luc selbst nimmt dagegen an, daß erst beym Augenblick des Ausbruchs des Blitzes das electrische Fluidum aus seinen Ingredienzen plötzlich in großer Menge auf eine Art gebildet werde, die wir erst noch zu erforschen haben, ehe wir im Besitz der Kenntniß der Ursach der Erscheinungen des Gewitters zu seyn glauben dürfen. Wenn übrigens die electrische Flüssigkeit nach Hrn. Volta aus dem Boden in die Atmosphäre durch Verdunstung übergienge, und ihre Rückkehr zum Boden stattfände, wenn sich die Dünste wieder in Wasser verwandeln, so müßte es

im-

immer bey allen starken und plötzlichen Regengüssen Donnerwetter geben, was doch nicht ist.

* Siebenter Brief des Hrn. de Luc an Hrn. de la Metherie, übers. im Journal der Phys. B. IV. S. 264. §. 16. und ff.

§. 1174. Der Blitz, oder der Ausbruch des großen electrischen Funkens der Donnerwolken, würde eigentlich wol als ein Feuerballen erscheinen, allein sein Durchbruch durch die Luft, als einen sehr unvollkommenen Leiter, giebt ihm die Gestalt eines geschlängelten Strahles. Hohe und hervorragende Körper sind natürlicherweise dem Blitze vorzüglich ausgesetzt. Das Ziel desselben ist aber zuletzt die feuchte Erde oder das Wasser, wo seine Wirkung eben wegen ihrer leitenden Kraft nun aufhört. Der Blitz trifft aber nicht immer die Erde.

§. 1175. Der Blitz folgt den besten Leitern der Electricität, und diese sind vorzüglich die Metalle, und dann die Feuchtigkeit. Dünne Metallstücke und Dräthe werden davon auch wol geschmolzen; größere durchlöchert. Er äußert diese Wirkung auf Metalle besonders, wenn sie in schlechte Leiter eingeschlossen sind, ohne diese gerade zu entzünden, wenn es verbrennliche Körper waren. Er tödtet Menschen und Thiere, aber gewiß wol öfter durch Schreck, Unterbrechung der Respiration, Asphyxie, Phlogistisirung der Luft, und durch Erschütterung des Gehirns, als durch wirkliche Beschädigung. Man hat freylich Beyspiele von Brandflecken an den Leichnamen der vom Blitz erschlagenen, und von Verletzung derselben; aber ganz ungegründet sind die Erzählungen von Zerschmetterung der Knochen. Viele der

vom

vom Blitz gerührten würden doch bey der schleunigen Anwendung von gehörigen Hülfsmitteln wieder zum Leben gebracht werden können. Nichtleitende oder schlechtleitende Körper zerschmettert und zerbricht der Blitz, und springt von ihnen zu den besser leitenden über. Die Gewalt desselben ist dabey oft ausnehmend groß. Die Unterbrechung der Leitungen des Blitzes ist mit einer Explosion verknüpft, deren Stärke von dem Umfange des nichtleitenden Körpers, oder des Blitzes selbst abhängt. Auch wenn die Leiter zu klein sind, und zu wenig Fläche haben, explodirt der Blitz. Bey den Explosionen des Blitzes entsteht eben die Entzündung entzündlicher Substanzen. Daß das durch den Blitz hervorgebrachte Feuer an sich schwerer zu löschen sey, als gemeines Feuer, ist Fabel.

§. 1176. Der Donner ist der Knall, der mit dem Ausbruche des Blitzes verbunden ist. Er rührt, wie der geringere Knall des electrischen Funkens, von der Erschütterung der Luft her, die als eine schlechtleitende Substanz eine Explosion des Blitzes veranlaßt. Aber das Rollen des Donners ist ein bewundernswürdigeres Phänomen, als man bisher geglaubt hat, und Hr. de Luc hat auch hier gezeigt, daß die bisherigen Erklärungen ganz und gar unzureichend sind.

De Luc a. a. O. §. 23.

§. 1177. Das Läuten der Glocken und das Abfeuern des Geschützes sind unzulängliche Mittel, um einen Ort gegen die Wirkung des Blitzes zu sichern. Auf dem freyen Felde sind Bäume, in den Zimmern Bedeckungen mit isolirenden Substanzen nicht allein

zweck-

zweifelhaft, sondern oft gefährliche Sicherungsmittel. In die Keller dringt der Blitz freylich selten; aber der Aufenthalt darin ist wegen anderer Ursachen beym Gewitter gefährlich. Am besten ist es, in Gebäuden, sich in den untern Zimmern, die geräumig und hoch genug sind, in der Entfernung von den Wänden und dem Ofen, am besten auf Matratzen stehend, oder auf Stühlen sitzend, aufzuhalten, und sich von sehr leitenden Substanzen zu entledigen. Es ist irrig, wenn man glaubt, daß ein Luftzug den Blitz herbeylocken könne. Auf dem Felde ist es am sichersten, sich in einer Entfernung von funfzehn bis zwanzig Fuß von einem Baume und seinen Zweigen aufzuhalten, und sich lieber niederzulegen, als zu stehen oder zu sitzen. Ist man zu Pferde, so ist es sichrer abzusteigen, und nicht zu nahe beym Pferde zu bleiben.

J. A. H. Reimarus vom Blitze. Hamb. 1778. 8. Th. I. II. Ph. Pet. Guden von der Sicherheit wider die Donnerstrahlen. Götting. und Gotha, 1779. 8. Tetens über die beste Sicherung seiner Person bey einem Gewitter. Bützow und Wismar, 1774. 8. Verhaltungsregeln bey nahen Donnerwettern. Gotha, 1774. 1778. 8.

§. 1178. Das beste und sicherste Mittel aber, ein Gebäude vor den Wirkungen des Blitzes zu sichern, sind die Gewitterableiter, Blitzableiter, eine Erfindung von Franklin, durch welche allein er sich schon um das Wohl der Menschheit unsterblich verdient gemacht hat. Ihre Theorie gründet sich darauf, daß eine ununterbrochene metallische Leitung, von hinlänglicher Dicke die electrische Materie des Blitzes ohne Beschädigung anderer Körper bis ans Ende derselben abführt. Wenn nun diese Leitung in

die feuchte Erde oder ins Wasser geführt ist, so folgt der Blitz, wenn er ja einschlägt, ganz gewiß dem Metall bis in die Erde, ohne das Gebäude zu beschädigen. Die Anordnung einer solchen Ableitung müßte also dergestalt beschaffen seyn, daß sie dem Anfalle des Blitzes eher, als andere Theile des Gebäudes ausgesetzt, folglich über diese hervorragend, daß sie uuunterbrochen, und endlich in die feuchte Erde, oder besser in fliessendes Wasser, oder in einen tiefen Brunnen fortgeführt wäre. Durch einen solchen Ableiter würde zwar nicht das Einschlagen des Blitzes, aber doch das Beschädigen des Gebäudes sicher verhütet werden.

Reimarus ang. Schrift und Ebendesselben Vorschriften zur Anlegung einer Blitzableitung an allerley Gebäuden. Hamb. 1778. 8. Die Kunst, Thürme und andere Gebäude vor den schädlichen Wirkungen des Blitzes durch Ableitung zu bewahren, von J. J. von Felbiger. Bresl. 1774. 8. Anleitung, Wetterleiter an allen Gattungen von Gebäuden auf die sicherste Art anzulegen, von J. J. Hemmer. Mannheim, 1786. 8.

§. 1179. Da die metallischen Spitzen das Vermögen besitzen, die Electricität in beträchtlicher Entfernung, und allmälig, einzusaugen, so ging Franklin in seinem Vorschlage noch weiter, durch einen so gehörig eingerichteten zugespitzten Ableiter nicht allein die Gewittermaterie auf einem unschädlichen Wege zu leiten, sondern auch die Wolke selbst in ihren Wirkungen zu entkräften und den Schlag zu vermeiden. Man könnte einen solchen Blitzableiter einen offensiven nennen, im Gegensatze des vorher erwähnten defensiven, mit dem er übrigens in seiner ganzen übrigen Einrichtung übereinkömmt, und dessen Dienste er ebenfalls in ereignenden Falle verrichtet.

Da

Da indessen die Gewitterwolken vor dem Ausbruch des Blitzes nicht mit Electricität nach Art isolirter Conductoren geladen sind (§. 1173.); so sieht man leicht, daß es keine offensiven Blitzableiter geben kann. Sie können alle nur defensiv seyn, und dies wird immer noch ihren Werth unschätzbar machen. Der Streit einiger Naturforscher, ob die stumpfen oder spitzigen Ableiter den Vorzug verdienen, möchte wol auf nichts hinauslaufen, wenn man nur erwäget, daß die Quantität der electrischen Flüssigkeit beym Ausbruch des Blitzes so groß ist, daß alle unsre stumpfen Blitzableiter in dieser Hinsicht als spitzige anzusehen sind.

§. 1180. Das **Wetterleuchten** (fulguratio, coruscatio), das zuweilen des Abends, selbst bey klarem Wetter, wahrgenommen wird, ist vom Blitze darin unterschieden, daß es nie von einem Knall oder Donner begleitet wird. Ob es wirklich eine Entzündung brennbarer Dünste in der obern Luft, oder ein sehr entferntes Gewitter sey, dessen Donner nicht wahrgenommen werden kann, ist noch nicht hinlänglich ausgemacht.

Torb. Bergmann de fulguratione observationes; in seinen *opusc. phys. chem. Vol. V.* S. 348. ff.

§. 1181. Das sogenannte **St. Elms-Feuer**, oder **Helenen-Feuer**, welches die Alten **Castor** und **Pollux** nannten, wo aus leitenden Spitzen hoher Thürme und Mastbäume ein Licht in Form eines umgekehrten Kegels herausströmt, ist wol ganz electrischen Ursprungs, und zeigt sich besonders bey einer Gewitterluft.

Reimarus vom Blitze. §. 44. §. 172. u. ff.

§. 1182. Die Irrlichter oder Irrwische (ignes fatui, ambulones) sind Entzündungen, oder vielmehr ein Leuchten phosphorischer Luftarten und Dünste, die aus morastigem Boden, und aus einer mit faulenden und verwesenden Gewächsen und Thieren angefüllten Erde aufsteigen, und daher auch nur an solchen Orten gesehen werden, wo dergleichen Zersetzung organischer Körper durch Fäulniß und Verwesung vorgeht. Weil bald an dieser, bald an jener Stelle ein solcher Dunst leuchtend wird, so hat es das Ansehn, als ob sie forthüpfen, und zu dem Mährchen Gelegenheit gegeben, daß sie vor dem flöhen, der sie verfolgte, und den verfolgten, der vor ihnen flöhe; imgleichen daß sie sich dem Betenden näherten und von dem Fluchenden entfernten. Entzündungen brennbarer vielleicht phosphorischer Luftarten in den höhern Gegenden der Atmosphäre heißen Sternschnuppen (stellae cadentes), und wenn sie die Figur eines geschwänzten Cometen haben, fliegende Drachen oder Feuerkugeln (bolides).

§. 1183. Das Nordlicht (aurora borealis, lumen boreale) hat so viel Aehnlichkeit mit den Erscheinungen des electrischen Lichtes in der verdünnten Luft, daß man sehr geneigt wird, es für ein electrisches Meteor zu halten. Die Nordlichter haben auch wirklich in den höchsten Gegenden der Atmosphäre, und folglich in einer sehr verdünnten Luft ihren Sitz, die für die electrische Materie allerdings ein Leiter wird. Phosphorische Dünste bringen zwar ebenfalls ein ähnliches Leuchten hervor; ich zweifle aber, ob sie so hoch in der Atmosphäre aufsteigen könnten, als das Nordlicht wirklich ist. Man hat sonst mancherley andere, zum Theil wunder-

der-

verliche Ursachen zur Erklärung des Nordlichts angegeben. Mairans Meinung, daß die in die Erdatmosphäre am Nord= und Südpole sich einsenkenden Dünste der Sonnenatmosphäre das Nordlicht veranlaßten, lassen sich nach D'Alembert wichtige Zweifel entgegensetzen; so wie auch Kulmus Erklärung, die P. Hell wieder vorgetragen hat, daß das Nordlicht eine bloße optische Erscheinung sey, und von dem Lichte herrühre, welches die Schneewolken und Eisberge am Nordpole, und die Schnee= und Eistheilchen in der Luft von der Sonne und dem Monde reflectirten, schon dadurch widerlegt wird, daß es unmöglich ist, daß in der Luft feste oder gefrorne Dünste schwimmend seyn können, und das Schneelicht könnte auch unmöglich die Höhe erreichen, welche das Nordlicht hat. Das Zodiacal=Licht hat wahrscheinlich einerley Ursprung mit dem Nordlichte.

Traité physique et historique de l'aurore boreale, par Mr. *de Mairan.* à Paris, 1733. 1754. gr. 4. *D'Alembert* opusc. mathem. T. VI. S. 334. P. Hells Abhandlung über das Nordlicht, in den Wiener Ephemeriden vom J. 1777. *Torb. Bergman* Aurorae boreales, annis 1759. 60. 61. et 62. observatae; in seinen *opusc. phys. chem. Vol. V.* S. 226. ff. Ebendesselben de aurorae borealis altitudine, ebendas. S. 272. ff.

§. 1184. Wenn es aus einer dunkeln Wolke regnet, und die Sonne dergestalt dagegen scheint, daß man sich zwischen der Sonne und der Wolke befindet, so sieht man ein schönes emphatisches oder glänzendes Meteor, das sich unter dem Namen des Regenbogens (iris, arcus coelestis) als einen bunten Bogen zeigt, oder doch ein Stück desselben vorstellt, an welchem sich die Farben des Prisma

dergestalt befinden, daß sich die rothe Farbe nach außen, die violette aber nach innen zeigt. Außer diesem Hauptregenbogen sieht man gewöhnlich noch einen zweyten, oder Nebenregenbogen über dem erstern, in welchem sich die Farben in umgekehrter Ordnung, aber schwächer zeigen. Diese Erscheinung hat ganz ihren Grund in der Reflexion der Sonnenstrahlen innerhalb der Regentropfen der Wolke, und in der verschiedenen Brechbarkeit des weißen Lichtes.

§. 1185. Um dieses Phänomen gehörig zu erklären, müssen wir zu der im Vorhergehenden nach Newton vorgetragenen Lehre von der verschiedenen Brechbarkeit der Arten des homogenen Lichts zurückgehen. Der auf einen Regentropfen schief fallende Sonnenstrahl geht nach dem Brechen gegen den Perpendicul theils hindurch, theils wird er von der hintern Fläche des Tropfens wieder reflectirt, und nach der äußern zugeworfen, oder erleidet auch wol im Tropfen eine doppelte Reflexion; beym Ausgange in der Luft wird der Strahl nicht nur vom Perpendicul abwärts gebrochen, sondern auch, wie im Prisma, und in jeder schiefen Fläche, in seine sieben Grundfarben gespalten. Diese einfachen farbigten Strahlen machen nicht einerley Winkel mit dem einfallenden Strahle. Der rothe Strahl wird am wenigsten gebrochen, der violette am stärksten. Der Winkel, welchen der einfallende Sonnenstrahl und der einfach zurückgeworfene rothe Strahl mit einander machen, beträgt nach Newton 42° 2′; und der des violetten und des Sonnenstrahls 40° 17′; die übrigen einfachen Strahlen dazwischen machen einen Winkel, der sich diesem oder jenem mehr nähert, je näher sie in der Ordnung diesem oder jenem liegen. Der Winkel,

welcher

welchen der zweymal im Tropfen reflectirte rothe Strahl mit dem einfallenden macht, beträgt 50° 57', und beym violetten 54° 7'.

Newton optice, L. I. part. II.

§. 1186. Jetzt läßt sich nun die Erklärung des Regenbogens leicht machen. Es sey das Auge des Beobachters in O (Fig. 128.) und sehe nach einer Regenwolke, so daß es die Sonne hinter sich habe. Von der Sonne kommen unzählige Strahlen nach den aus der Wolke fallenden Regen, die wir für parallele halten können. Es falle ein Strahl von S auf den Tropfen A in b, so wird er in demselben erst dem Perpendikel durch Brechung zugelenkt werden, und nach a auf die hintere Fläche des Tropfens treffen. Hier wird zwar ein Theil Licht des Strahls hindurchgehen, ein anderer Theil aber doch nach c reflectirt, beym Ausgange vom Perpendikel abgelenkt, und in seine Grundfarben gespalten werden. Er gelange unter dem Winkel SAO = 40° 17' ins Auge, und ist also violettes Licht. Die andern Arten des Lichts dieses Strahls treffen wegen ihrer Divergenz das Auge in O nicht. Auf den Tropfen B fällt ebenfalls ein Sonnenstrahl, und wird wie der vorige darin reflectirt und beym Ausgang gebrochen. Er komme unter dem Winkel SBO = 42° 2' ins Auge in O, das also die rothe Farbe wahrnimmt. Die andern Farben erscheinen zwischen A und B nach ihrer verschiedenen Brechbarkeit. Man denke sich einen Sonnenstrahl SOM durch das Centrum der Pupille des Auges gehend; und den Winkel BAO um SM als um eine Achse beweglich, so ist klar, daß an allen Stellen des ganzen Weges, welchen BA beschreibt, dieselben

den Farben erscheinen werden, wenn daselbst die Regentropfen stattfinden. Der Regenbogen ist also als ein Theil der Peripherie der Basis eines Kegels anzusehen, dessen Spitze der Mittelpunct der Pupille des Auges ist. Hieraus erhellet, daß jeder Beobachter seinen eigenen Regenbogen wahrnimmt. Die Sonne, das Auge, und der Mittelpunct des Regenbogens sind immer in einerley gerader Linie.

§. 1187. Auf die angeführte Art entsteht der Hauptregenbogen, oder der innere (§. 1184.), bey welchem die Strahlen in den Regentropfen nur einmal zurückgeworfen werden. Weil aber Strahlen SC, SD in f und g der Tropfen C und D auffallen, so erleiden sie eine doppelte Reflexion in d, d, wodurch sie natürlicherweise mehr geschwächt werden, die Farben aber in umgekehrter Ordnung erscheinen müssen, nemlich in C roth, und in D violett; wenn der Winkel SCO 50° 57', und der Winkel SDO 54° 7' beträgt (§. 1185.).

§. 1188. Wenn man HR mit dem Horizonte parallel durch O zieht, so ist der Winkel SOR = HOM; und die Höhe der Sonne über dem Horizont beträgt also so viel, als die Erniedrigung des Mittelpuncts M des Regenbogens unter demselben. Hieraus folgt also ganz natürlich, daß, je höher die Sonne am Horizonte steht, um desto weniger sieht man vom Regenbogen. Wenn die Sonne 42° über dem Horizonte ist, so kann der Hauptregenbogen nicht mehr gesehen werden; und auch nicht einmal mehr der zweyte oder äußere, wenn die Höhe der Sonne über den Horizont 54° und drüber beträgt. Wenn SM mit HR zusammenfällt, so erscheint die Hälfte des

Krei-

reises vom Regenbogen, und noch ein größrer Theil
ınn gesehen werden, wenn die Sonne noch nach
ırem Untergange in Regenwolken ihre Strahlen
nden kann. Cassini, Kraft und Bergman
aben solche Beobachtungen. Wenn das Auge so
ɔch zu stehen kommen könnte, daß es bis 42° unter
l sehen könnte, so würde es den Hauptregenbo-
:n als einen völligen Kreis erblicken; wie ihn der
raf von Mirandola gesehen zu haben bezeugt.

Torb. Bergman de arcus coelestis explicationibus; in seinen *opusc. phys. chem. Vol. V.* S. 314. (Ich bin ihm in seiner gedrungenen Erklärung hier ganz gefolgt). Die Geschichte der Meynungen über die Entstehungsart des Regenbogens sehe man auch bey ihm.

§. 1189. Nicht die Dünste der Wolken sind es, elche den Regenbogen bilden, sondern wirkliche ropfen des Regens. Wenn an einer Stelle der Bolke die Regentropfen fehlen, so bildet sich kein ısammenhängender Bogen, und man nennt ein sol- ıes kurzes Stück des Regenbogens eine Regengalle. ebrigens erhellet noch aus dem Angeführten leicht, aß wir alle Augenblicke einen andern Regenbogen hen; daß wir bey uns nie in Süden einen Regen- ogen erblicken; daß er desto lebhafter erscheinen üsse, je dunkler die dahinter stehende Wolke ist, nd daß auch ein umgekehrter Regenbogen erscheinen ɔnne, wenn die Sonnenstrahlen von einer stillen Basserfläche im fallenden Regen reflectirt werden. uch das von Wasserfällen als Regen in die Höhe esprützte Wasser, kann dem Zuschauer in der gehö- gen Stellung der Sonne einen Regenbogen zeigen.)aß die Breite des Sonnenregenbogens größer ɔahrgenommen wird, als aus der oben angeführten

Be-

Bestimmung der Winkelgröße folgt, hat seinen Grund darin, daß wegen des scheinbaren Durchmessers der Sonne einiges in Ansehung dieser Winkel eine Abänderung erleidet. — Auch der Mond kann einen, obwohl weit schwächern, Regenbogen hervorbringen.

§. 1190. Höfe, (coronae, halones) oder größere und kleinere helle Ringe, um die Sonne oder den Mond, entstehen ohne Zweifel ebenfalls nach den Gesetzen der Reflexion, Brechung und Zerstreuung des Lichtes in den Dünsten unserer Atmosphäre; nur wissen wir nicht die Beschaffenheit dieser Dünste mit Gewißheit zu bestimmen. Die Bildung der sogenannten Nebensonnen und Nebenmonde ist ebenfalls bis jetzt noch nicht ins Licht gesetzt, und so wenig ich mich von dem Daseyn der Schnee- und Hagelwolken in der Luft überzeugen kann, so wenig kann ich auch glauben, daß sie durch vertical in der Luft schwebende Eisnadeln hervorgebracht würden.

§. 1191. Die Abend- und Morgenröthe rührt daher, daß von den auf die Wolken oder Dünste der Atmosphäre fallenden Strahlen der Sonne nur die rothen allein in unser Auge reflectirt werden. — Das sogenannte Wasserziehen der Sonne hat seinen Grund in der Erleuchtung der Dünste der Atmosphäre durch Sonnenstrahlen, welche durch Oeffnungen dunkler Wolken, oder zwischen denselben durchdringen.

Neu-

Register.

Die Zahlen bedeuten die Paragraphen. N. bedeutet die Note.

A.

Augen-

Bley=

Ele-

Feu

Geis-

Rei-

Sehen,

T.

Vitriol-

Verbesserungen.

Seite 52 Z. 9 statt Ee : Dd, lies Dd : Ee
— 54 — 25 st. MV l. MV^2
— 54 — 25 st. MV : mv, l. $MV^2 : mv^2$
— 58 — 3 st. BC l. BD
— 59 — 9 nach zusammensetzenden setze hinzu: Kräften
— 62 — 6 l. §. 98.
— 112 — 16 st. wieder l. wird
— 170 — 1 st. $\frac{1}{15}$ l. $\frac{2}{15}$
— 173 — 4 nach rheinl. Fuß setze hinzu: nahe
— 177 §. 259. statt: hat am Ende seines Niederfallens eben die Geschwindigkeit, lies: ist am Ende seines Niederfallens in eben der Zeit
— 180 — 19 statt angelegt ließ angelangt.
— 195 — 3 st. $\frac{CP - cP}{P = p}$ lies $\frac{CP - cP}{P + p}$
— 199 — 20 st. $\frac{PC - \infty C}{p + \infty}$ l. $\frac{PC - \infty C}{P + \infty}$
— 203 — 9 st. drängt l. dringt.
— 207 — 31 st. SBP l. cBP
— 213 §. 291. statt Wenn das hervorspringende Wasser nicht selbst schwer wäre, wenn die Luft keinen Widerstand machte, und kein Reiben dabey statt fände lies: Wenn das hervorspringende Wasser sich nicht in Tropfen zertheilte (die im Text angeführte Erklärung ist gewiß falsch; denn die angezeigten Ursachen finden ja auch in zusammenhängenden Röhren statt, ohne daß hier ungleiche Höhe der Wasserflächen wäre.)
— 229 Z. 16 statt er ist lies meist
— 260 — 8 streiche aus: da.
— 271 — 10 von unten, statt minerale l. volatile
— 279 §. 385. Z. 7 st. Pflanzensorten l. Pflanzenfarben
— 290 Z. 6. nach Wärmestoff setze hinzu: ihnen
— 300 §. 416 Z. 11. statt 54° l. 540.
— 330 §. 459. Z. 8 statt ätzend l. reitzend
— 333 Z. 8 st. jene l. diese
— 335 §. 464. Z. 6. st. Rauch l. Geruch

Seite

Seite 339 Z. 2 st. die l. diese
— 359 — 16 st. vergeht l. vorgeht
— 370 — 14 st. vermischt l. verwische
— 376 — 7 st. reelle l. volle
— 417 — 19 st. ED l. PD
— 454 — 9 st. Räume l. Säume
— 512 — 8 und 9 st. afficiren l. auffallen
— 513 §. 679. Z. 5 st. Quadrate. l. Quadrate der
— 572 Z. 17 st. 35⅜ l. 32⅛
— 596 Z. 7 von unten statt zeigte l. zeigt
— 621 — 1 von unten st. Luftsäure l. luftsaures Gas
— 671 — 2 streiche aus: nicht
— 683 — 12 statt + E des Cylinders lies — E des Reibzeugs
— 712 §. 1048 (Zu den daselbst angeführten electrischen Fischen kömmt noch ein fünfter, nemlich Trichiurus indicus. *Linnaei syst. nat. ed. Gmelin. T. I. P. III. p.* 1142.)
— 715 §. 1055. Z. 10 st. einem l. reinen
— 728 Z. 6 st. feiner l. feineren
— 735 §. 1098. letzte Zeile st. [illegible] l. [illegible]
— 756 §. 1133. st. 28. l. 28°

Taf. I.

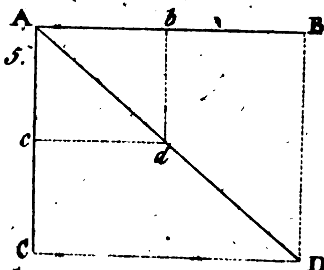
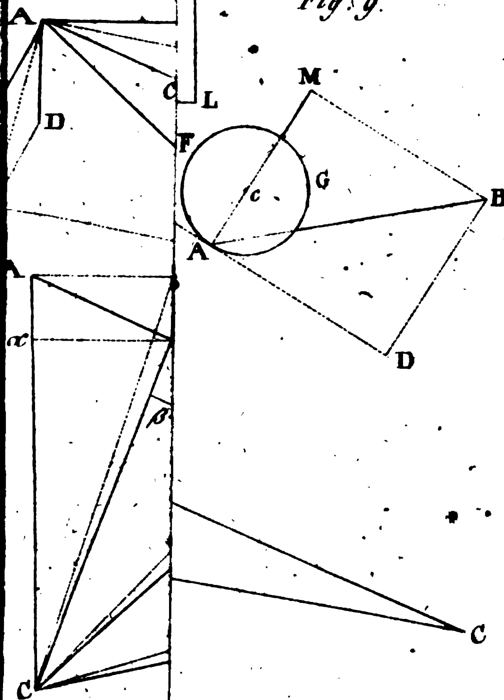
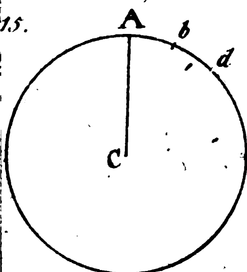


Fig. 7

Fig: 9.





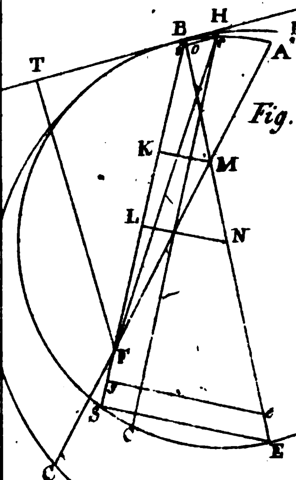


Fig. 16.

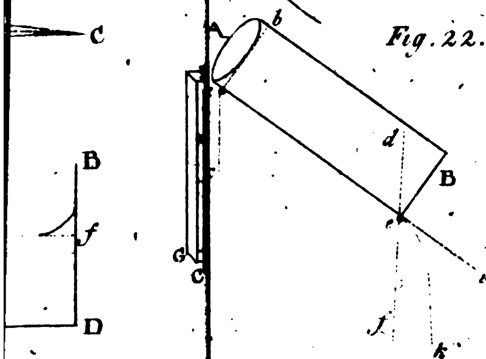


Fig. 22.

Fig. 25.

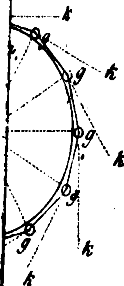
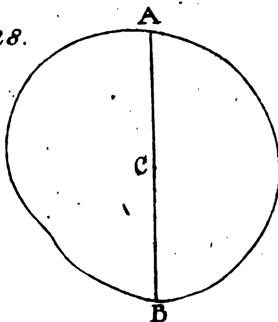
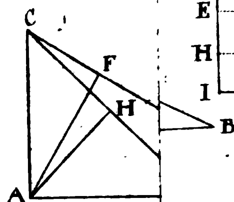
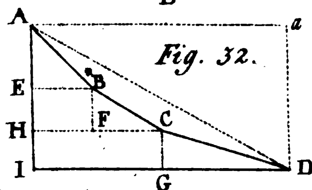


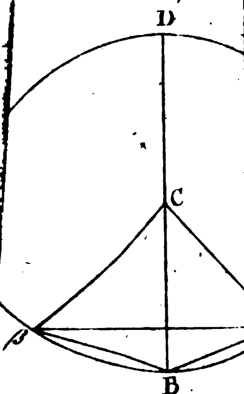
Fig. 28.

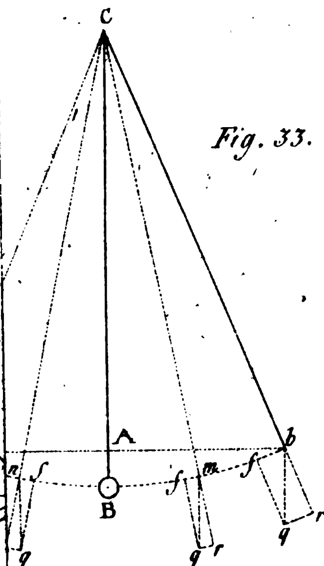
g
b











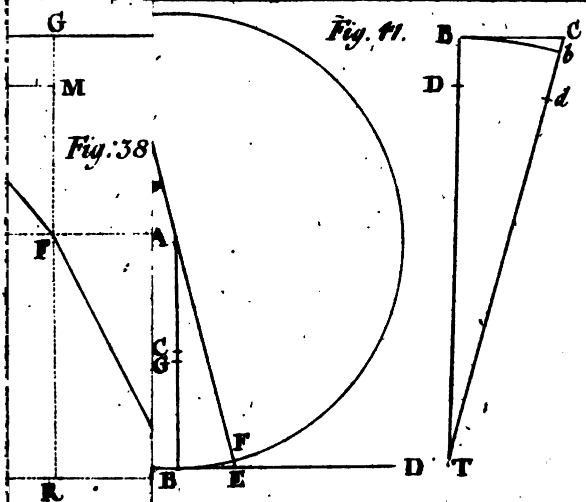
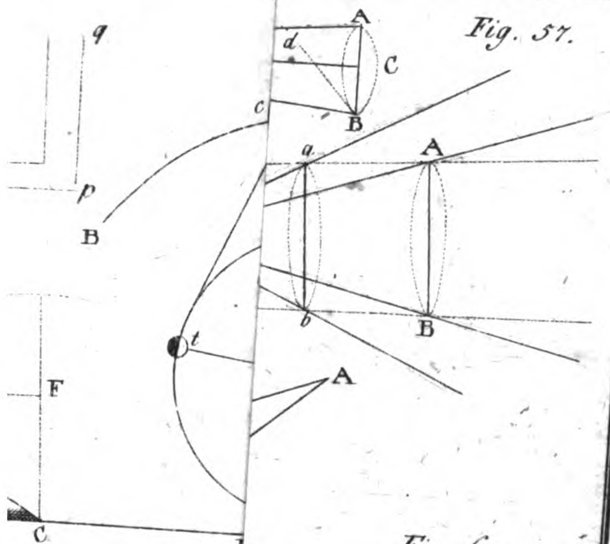
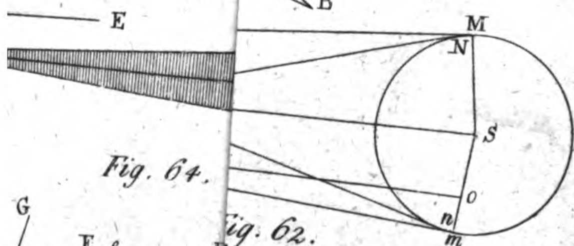


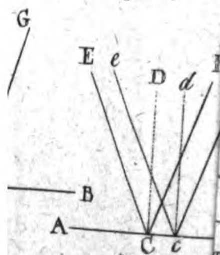
Fig. 52.

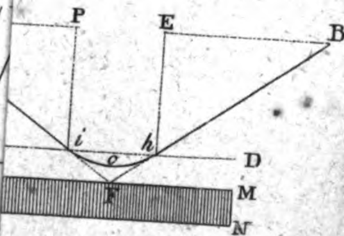
A
a b c d
C D
e f
B E

D
Fig. 45.
51.
F
C
d
c
A
R
f
Fi
D


Fig. 57.
A
d
C
c
B
q
p
B
a
A
b
B
t
F
A
C


Fig. 61.
B
E
M
N
S
o
n
m


Fig. 64.
G
E
e
D
d
F
B
A
C
c

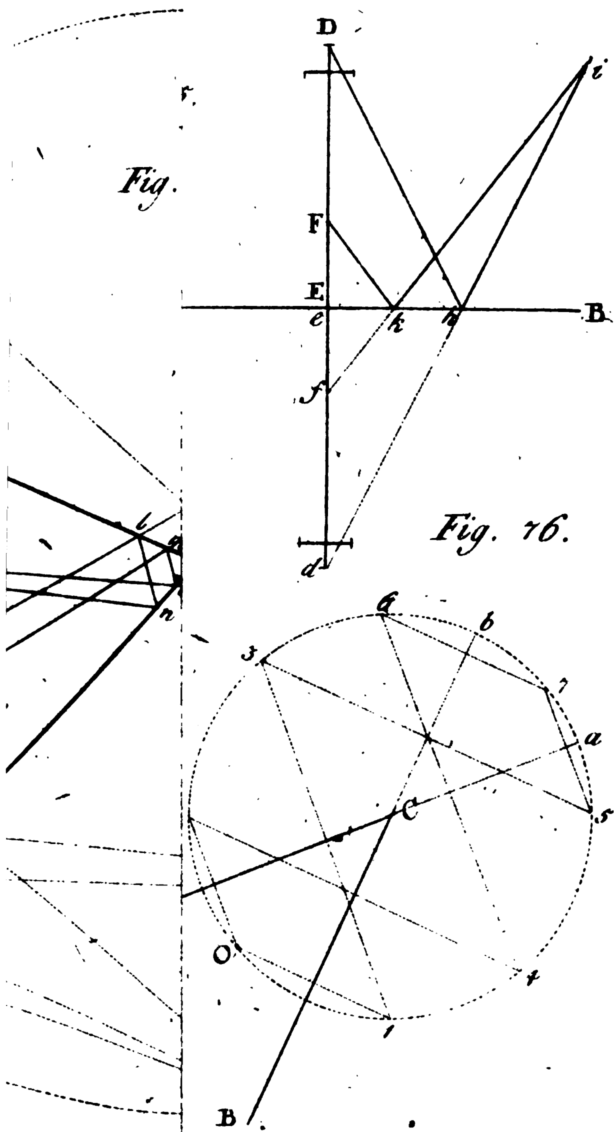

Fig. 62.
P
E
B
i
h
e
D
F
M
N

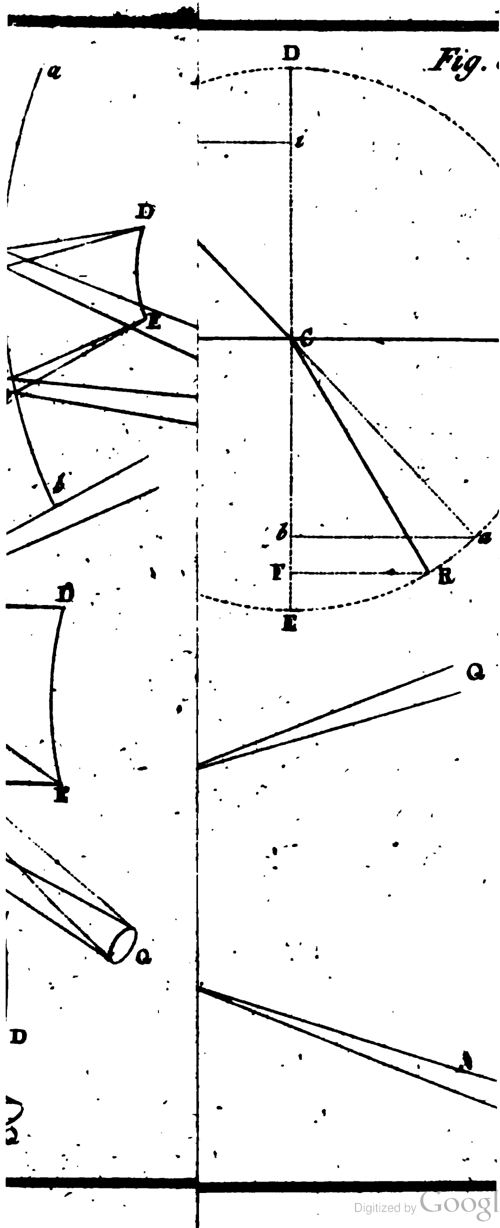
Tab. VI.

Fig. 69.

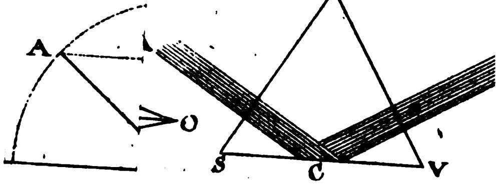
Fig. 73.

Digitized by Google


Fig.
D
i
F
E
e
k
h
B
f
d
Fig. 76.
l
q
n
6
b
3
7
a
C
5
O
4
1
B


Fig.
D
i
C
b
a
F
R
E
Q
D
E
D
F
a
b
Q
D

85.



9. 94.

Fig. 90.

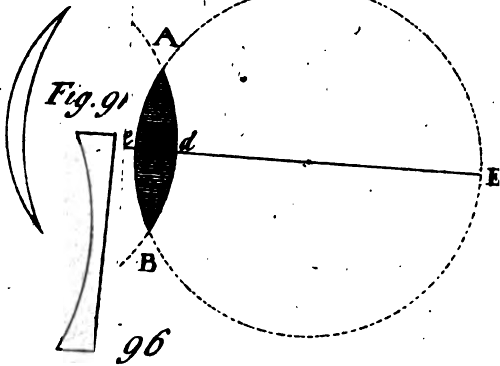
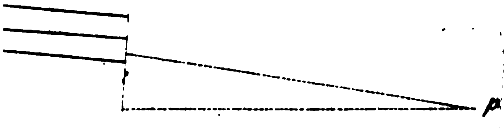


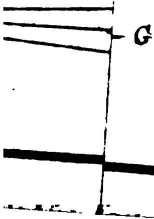
Fig. 91

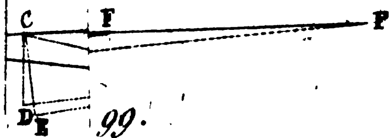


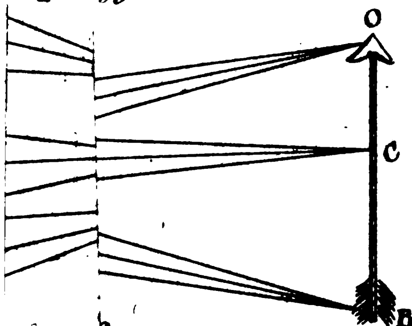
96

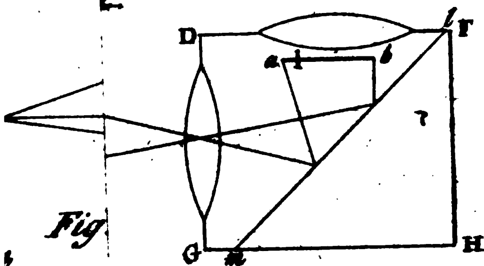


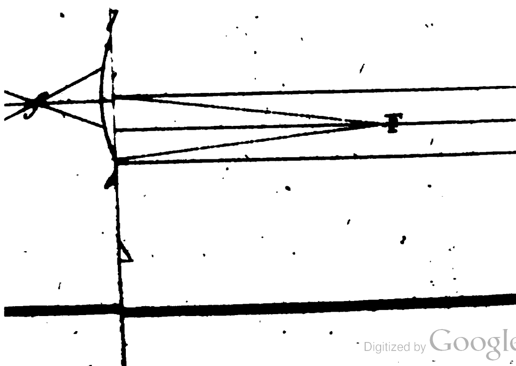
. 97.




C
F
P
D
E
99.


O
C
B
2.


D
F
a
b
G
H
Fig



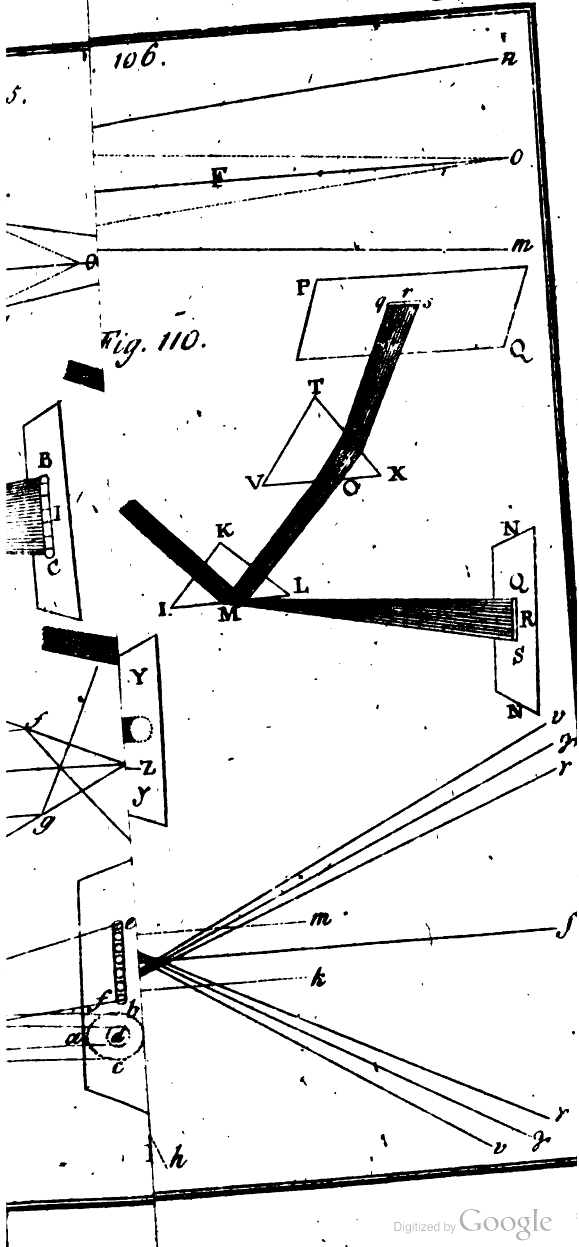

Tab. XI.
106.
5.
n
o
F
m
Fig. 110.
P
q r s
Q
T
V
X
O
B
I
C
K
L
I.
M
N
Q
R
S
N
Y
Z
y
f
g
v
z
r
e
m
f
k
f
b
d
a
c
r
z
v
h

Fig. 119.

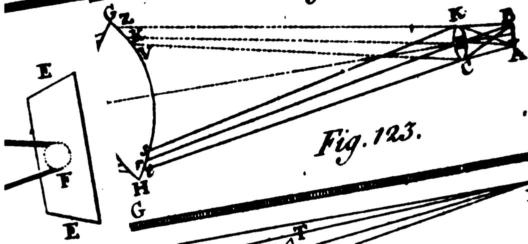


Fig. 123.

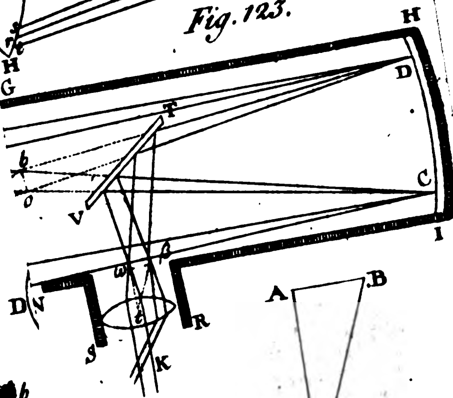


Fig. 118.



Fig. 121.

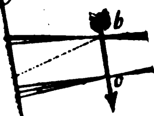
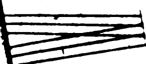


Fig. 120.



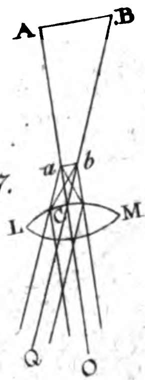
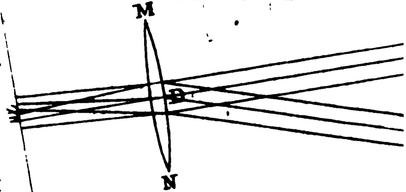
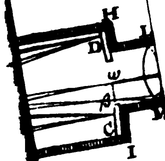
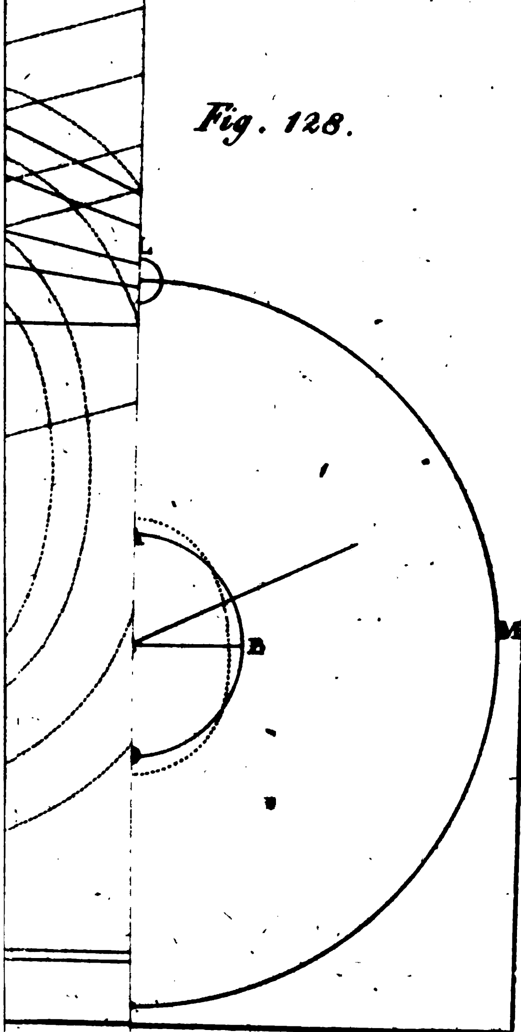


Fig. 117.





Tab. XIII.



80° - - - 212° - - - 180

0 - - - 32 - - - 0

0.	32°	26	87¼
1	34¼	27	89½
2	36½	28	91¾
3	38¾	29	94
4	41	30	96¼
5	43¼	31	98½
6	45½	32	100¾
7	47¾	33	103
8	49	34	105¼
9	51¼	35	107½
10	53½	36	109¾
11	55¾	37	112
12	58	38	114¼
13	60¼	39	116½
14	62½	40	118¾
15	64¾	41	121
16	67		
18	69¼		
19	71½		
20	73¾		
20	76		
22	78¼		
23	80½		
24	82¾		
25	85		